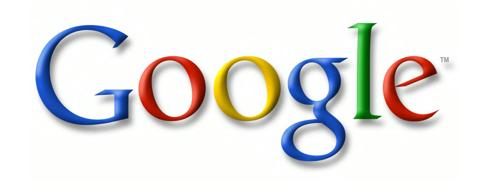

Google


3 3433 06274162 8







ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME X.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME DIXIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, rue du Cloître Saint-Benoît, n° 16, près celle des Mathurins.

1819.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

IIIe MÉMOIRE

Sur l'Asphyxie.

Par M. EDWARDS, Docteur en Médecine.

De l'Influence de l'air contenu dans l'eau sur la vie des Batraciens qui y sont plongés.

DANS un Mémoire que j'ai eu l'honneur de lire depuis peu à l'Académie, j'ai entrepris d'examiner les causes qui pouvaient faire varier les phénomènes de l'asphyxie que j'avais précédemment exposés. J'ai commencé ce travail par rechercher les effets de la température dans l'asphyxie par submersion. J'y ai fait abstraction de toutes les autres causes qui pouvaient influer sur la vie des animaux en pareil cas, me réservant de les examiner successivement dans la suite de ces recherches. En me

bornant d'abord à la seule influence de la température, j'ai constaté que, suivant le degré, elle faisait considérablement varier la durée de la vie des animaux que jai soumis à mes expériences. Il en résulte que les batraciens plongés dans l'eau y vivent d'autant plus longtemps qu'elle est plus froide, et que la température de l'atmosphère, pendant un certain temps avant l'expérience, a été plus basse. Ces faits me conduisent naturellement à examiner quelle est la limite de cette influence; à rechercher la plus grande durée de la vie de ces animaux privés de l'air extérieur par la submersion dans l'eau, lorsque toutes les circonstances favorables dépendantes de la température concourent à prolonger la vie.

La durée de l'asphyxie, en pareil cas, est-elle illimitée? Les grenouilles passent-elles l'hiver sous l'eau sans venir respirer à la surface pendant tout le cours de cette saison? ou peut-on croire qu'elles y vivent ainsi un temps plus considérable encore, celui qui s'écoule depuis leur retraite en automne jusqu'à leur retour au printemps?

Spallanzani n'était pas de cet avis : d'après les renseignemens que lui donnèrent les pêcheurs de grenouilles des environs de Pavie, il rapporte qu'elles quittent, en octobre, les eaux des rivières de ce pays, pour se retirer dans du sable humide où elles se ménagent une ouverture que les pêcheurs appellent *il respiro della rana* (le soupirail de la grenouille). Les pêcheurs lui portèrent de ce sable qu'il eut soin d'humecter, et il vit les grenouilles qu'il y posa se comporter comme les pêcheurs le lui avaient appris.

Cependant de célèbres naturalistes français rapportent que les grenouilles font leur retraite dans l'eau pendant la saison froide, depuis le mois d'octobre jusqu'au printemps. Le témoignage d'un de ces savans décide la question relativement à la France. M. Bosc, qui a observé avec un soin particulier les mœurs des batraciens, a souvent trouvé des grenouilles qui séjournaient sous l'eau en hiver. Il en a pêché, dans cette saison, un nombre considérable. Mais comment vivent-elles sous l'eau ? Restent-elles toujours au fond ? Ne viennent-elles pas de temps en temps respirer l'air à sa surface ? Comment l'observation la plus attentive pourrait-elle constater le contraire ? Quand même on resterait sur les bords, les yeux constamment attachés sur l'eau, comment s'assurer que ces animaux n'échappent pas à nos regards en venant humer l'air à la surface ? Et en admettant qu'ils ne sauraient se soustraire à notre vue, il faudrait pouvoir passer à les observer tout le temps que ces animaux peuvent se dispenser de respirer. Or, on a vu, par les expériences précédentes, qu'en hiver elles ont vécu sous l'eau l'espace de deux jours et demi. L'observation directe ne saurait donc apporter la preuve que les grenouilles passent l'hiver sous l'eau sans respirer.

On pourrait alléguer, en faveur de cette opinion, qu'on en a trouvé de vivantes sous la glace ; mais ces faits, qu'on a sans doute souvent observés, ne sont pas assez circonstanciés pour servir de preuve. Il aurait fallu constater le nombre de jours depuis la formation de la glace, et s'assurer qu'il n'y eût point d'ouverture. M. Bosc m'a appris qu'il a vu, en hiver, des grenouilles

sortir de l'eau plusieurs jours de suite, à une heure déterminée, et aller à terre respirer pendant un court espace de temps.

Dans les expériences nombreuses que j'ai faites pendant les hivers de 1816 et 1817 sur l'asphyxie des grenouilles dans une quantité déterminée d'eau aérée, elles n'y ont jamais vécu plus de deux jours et demi dans les températures les plus favorables à la prolongation de leur existence, pendant leur submersion.

Spallanzani, dans une expérience, a vu qu'une grenouille vécut huit jours sous l'eau, à une température qui varia d'un demi-degré à un degré au-dessus de zéro; et il ajoute qu'à une température plus élevée, elle serait infailliblement morte dans l'espace d'un jour; mais la température de l'eau, pendant la longue saison de la retraite des grenouilles, varie beaucoup. On ne saurait donc conclure, d'après les faits connus, que les grenouilles passent l'automne et l'hiver sous l'eau sans venir de temps en temps respirer à la surface.

Supposerait-on qu'elles peuvent avoir cette faculté parce qu'elles seraient engourdies pendant leur hivernation? Mais l'engourdissement ne dispense pas les animaux de la nécessité de respirer. D'ailleurs, comme M. Bosc le remarque, les grenouilles ne passent pas l'hiver dans un état d'engourdissement, si, par ce mot, on entend l'absence du sentiment et du mouvement volontaire. Elles sont moins actives pendant le froid; mais elles se meuvent à la température de zéro.

Dans les expériences que j'ai faites sur l'influence de la température dans l'asphyxie, j'ai obtenu les mêmes

résultats. Mais, dans ces expériences, je ne me suis pas occupé de l'influence de l'air contenu dans l'eau; l'examen de cette question nous conduirait peut-être à connaître une nouvelle condition qui influerait sur la durée de la vie des grenouilles sous l'eau, et à trouver la solution de la question que nous venons d'agiter.

Des expériences seules pourraient la décider, et je n'en connais qu'une qu'on ait faite à ce sujet. Spallanzani mit une grenouille dans de l'eau privée d'air par l'ébullition, et une autre dans une égale quantité d'eau aérée. La grenouille qu'il avait plongée dans l'eau non aérée donna, au bout de dix heures, des signes d'une mort prochaine, et celle qui se trouvait dans de l'eau aérée ne fut dans cet état qu'au bout de vingt heures. Mais cette expérience, qui est la seule que ce savant ait faite à cet égard, ne peut rien décider. La seule différence dans les forces des individus suffit, dans certaines saisons, pour en produire une aussi grande dans la durée de leur vie, lorsque toutes les circonstances extérieures sont les mêmes.

L'influence que l'air renfermé dans de l'eau exerce sur la vie des poissons a été examinée avec le plus grand soin par Spallanzani, par M. Silvestre et par MM. de Humboldt et Provençal. Les travaux de tous ces savans ont fait connaître des faits du plus grand intérêt pour l'histoire des poissons; mais on n'en peut appliquer les résultats à des animaux d'une autre classe. Les poissons ont des ouies ou branchies; appareil propre à recevoir l'action de l'air renfermé dans l'eau où ces animaux sont toujours confinés. Les grenouilles adultes, ainsi que les crapauds et les salamandres, ne sont pourvus que

de poumons, organes destinés à respirer uniquement l'air de l'atmosphère, soit que ces animaux habitent les eaux, soit qu'ils séjournent sur la terre; mais cette faculté d'habiter ces deux élémens ne les rend point amphibies, dans le sens que les naturalistes attachent maintenant à ce mot. Un amphibie doit en outre jouir de la double faculté de respirer l'air de l'atmosphère, et de vivre aux dépens de l'air contenu dans l'eau; mais on ne reconnait ce double moyen d'existence dans aucun des animaux vertébrés adultes, excepté le protée; et M. Cuvier a fait voir que l'axolotle a toute la structure d'une larve de salamandre. Si les têtards et ces animaux singuliers qu'on a joints à cette famille ont le rare privilége de respirer l'air de l'atmosphère et celui de l'eau, ils sont aussi pourvus d'un double appareil de branchies et de poumons qui caractérise cette double faculté. Rien ne peut donc faire présumer que les batraciens adultes, qui ne sont pas munis de ces deux genres d'organes, jouissent de l'avantage qui résulterait de leur présence. La question de savoir quelle influence exerce sur ces animaux l'air contenu dans l'eau est donc une question nouvelle qui pourrait présenter un grand intérêt, et que j'ai cherché à résoudre par l'expérience. Au moyen de l'ébullition, j'ai privé l'eau de l'air qu'elle contenait. On sait, d'après les expériences de MM. de Humboldt et Provençal, qu'il en existe quelques atomes dans l'eau qu'on a fait bouillir dans des vaisseaux ouverts. Mais cette quantité, à peine appréciable, pouvait être négligée dans ces expériences, comme on le verra tout-à-l'heure.

Je me suis servi de verres de la capacité de huit centi-

litres, que je remplis d'eau bouillie, et refroidie à la température de l'atmosphère; je les renversai sur des soucoupes contenant environ deux centilitres de la même eau. Je remplis un égal nombre de verres semblables d'eau aérée à la même température, et renversés dans de semblables soucoupes; j'avais préalablement introduit une grenouille dans chaque verre. Je les mis concurremment en expérience, et je notai la durée de leur existence dans ces deux conditions différentes.

Les grenouilles plongées dans de l'eau aérée ont, en général, vécu plus long-temps que celles qui étaient mises dans de l'eau non aérée; mais dans ces expériences, que j'ai souvent répétées, les différences n'étaient ni assez tranchées ni assez constantes pour que ce résultat fût décisif. Il suit seulement de cette série d'expériences, que la petite quantité d'eau dont je me suis servi ne renfermait peut-être pas assez d'air pour produire des différences marquées et constantes. A plus forte raison, les particules d'air qui restent dans l'eau après l'ébullition, dans des vaisseaux ouverts, ne sauraient avoir d'influence sensible sur la vie des grenouilles qu'on y submerge, quoique MM. de Humboldt et Provençal aient observé qu'ils en avaient une très-marquée sur les poissons : c'est pourquoi je n'ai pas eu recours au procédé qu'ils ont employé pour purger entièrement l'eau des dernières particules qui y restent lorsqu'on suit la méthode ordinaire.

Si les expériences précédentes n'ont pas donné, dans plusieurs cas, des différences assez tranchées ni assez constantes, elles devaient au moins me porter à faire d'autres essais où la quantité d'eau aérée serait plus considérable, afin d'augmenter la quantité d'air.

Le 10 novembre 1817, l'air étant à 11 et l'eau 13°, je remplis d'eau aérée six verres semblables aux précédens, et je les renversai sur la tablette de ma cuve à eau au-dessus des ouvertures qui s'y trouvent. La cuve contenait cinquante-six litres d'eau de Seine. J'avais mis une grenouille sous chaque verre; j'en plaçai autant dans des verres semblables contenant de l'eau bouillie et refroidie à la température de l'eau de la cuve. Les verres étaient placés sur des soucoupes.

Les grenouilles qui étaient dans l'eau privée d'air vécurent de trois heures quarante secondes à cinq heures trente secondes. Celles qui se trouvaient dans l'eau non aérée vécurent de six heures quarante-trois secondes à dix heures quarante secondes : ainsi, les grenouilles dans l'eau aérée vécurent le double de temps que celles qui étaient dans l'eau privée d'air.

Comme, dans ces douze expériences, chacune des grenouilles, dans l'eau aérée, vécut plus long-temps que toutes celles qui étaient dans l'eau privée d'air, je crois pouvoir regarder ces différences comme assez considérables et assez constantes pour conclure que l'eau aérée, comparée à l'eau privée d'air, prolonge la vie des grenouilles qu'on y submerge; mais il ne s'ensuit nullement qu'elles puissent y prolonger leur existence d'une manière indéfinie.

Quoiqu'il ne parût nullement probable que les grenouilles, dépourvues d'organes spéciaux pour agir sur l'air de l'eau, fussent en état d'y vivre comme les poissons; que Spallanzani eût inutilement tenté des expériences à cet égard, je crus devoir ne rien négliger pour

déterminer l'étendue de l'influence de l'eau aérée sur l'existence des grenouilles dans ce liquide. Dans cette vue, je fis l'expérience suivante :

Le 4 décembre, la température de l'air de l'appartement étant à 6° et communiquant librement avec l'atmosphère par la fenêtre qui restait toujours ouverte, je me servis d'un vase cylindrique de verre de la capacité de dix litres; je le remplis d'eau d'Arcueil; j'y mis un mâle de la grenouille *rousse* (c'est la *R. temporania* de L.) Je plaçai dans l'eau du vase un diaphragme de fil de fer pour empêcher l'animal de venir respirer à la surface. Je laissai l'appareil dans cet état jusqu'au lendemain, où je trouvai la grenouille vivante, comme je devais m'y attendre, d'après toutes mes expériences précédentes. Je soutirai l'eau par le moyen d'un siphon qui passait à travers d'une des mailles du diaphragme, et j'en laissai un peu pour que l'animal fût toujours submergé. Je remplis de suite le vase d'autre eau, et je continuai à la renouveler ainsi les jours suivans. Non-seulement la grenouille vécut de la sorte sous l'eau au-delà de la plus grande durée que j'avais obtenue dans mes expériences précédentes, et au-delà des huit jours que Spallanzani avait observés dans une expérience où la température était à un degré ou un demi-degré au-dessus de zéro; mais elle y vécut tout le mois de décembre, tout celui de janvier, et même jusqu'au 25 février; ce qui fait une durée de plus de deux mois et demi.

Lorsqu'elle y mourut, on avait oublié de changer l'eau, qui avait été jusque-là renouvelée tous les jours. La température, pendant tout cet espace de temps, avait

varié entre zéro et 11°. L'eau était à cette dernière température lorsque l'animal périt. Dans ce long intervalle, jamais la grenouille n'a paru privée de l'usage de ses sens et de la locomotion, pas même lorsque l'eau était à zéro : nouvelle preuve que ces grenouilles, comme je l'ai déjà observé, ne sont pas engourdies sous l'eau, même à la température de la glace.

Voici donc une expérience décisive qui établit qu'une grenouille peut subsister plusieurs mois sous l'eau sans jamais venir respirer à sa surface, pourvu que ce liquide soit en quantité suffisante et convenablement renouvelé. Elle y vit aux dépens de l'air qui s'y trouve dissous ; car si on néglige de renouveler l'eau, ou si on emploie de l'eau privée d'air, elle ne tarde pas à y périr. Un des résultats les plus remarquables de cette expérience, c'est que les grenouilles sont des animaux véritablement amphibies, puisqu'elles ont la faculté de vivre sur la terre en respirant l'air de l'atmosphère, et de vivre sous l'eau aux dépens de l'air contenu dans ce liquide, et sans avoir un besoin indispensable d'y suppléer en s'élevant à sa surface pour puiser dans l'air extérieur.

Quoiqu'il fût très-probable que les têtards, qui sont pourvus de branchies et de poumons, vivraient sous l'eau aérée sans venir respirer à la surface, j'ai dû m'en assurer par une expérience directe. Je me suis donc servi du même appareil que dans l'expérience où j'ai constaté que les grenouilles pouvaient vivre plusieurs mois sous l'eau, et j'ai obtenu le même résultat avec les têtards.

Si ces têtards ont la double faculté de vivre aux dépens de l'air de l'atmosphère et de celui de l'eau, ils ne peuvent habiter la terre avant l'entier développement de leurs membres; mais, à cet égard, les grenouilles sont tout-à-fait extraordinaires; car elles jouissent également de la faculté de respirer dans l'air et dans l'eau, quoiqu'elles soient dépourvues du double appareil de poumons et de branchies, et peuvent également habiter l'eau et la terre.

Le seul organe respiratoire qu'on leur connaisse est l'appareil pulmonaire. Il est donc important de déterminer quel est l'organe qui est en rapport avec l'air contenu dans l'eau lorsque ces animaux y séjournent. J'observerai d'abord qu'il serait possible que les grenouilles, vivant sous l'eau, fissent entrer ce liquide dans leurs poumons, et que ces organes remplissent alors les fonctions de branchies en agissant sur l'air de l'eau : c'est ce qu'on pourrait vérifier en les observant lorsqu'elles sont sous l'eau, dans un vase transparent. On sait que le mécanisme de leur respiration est différent du nôtre. Pour y suppléer, elles avalent l'air de l'atmosphère et le font entrer dans leurs poumons, de manière que leurs inspirations se reconnaissent à des mouvemens de déglutition. Ces mouvemens de la gorge sont manifestes, et ne peuvent échapper à l'observation. C'est pourquoi je me suis particulièrement attaché à remarquer ce qui se passe, à cet égard, chez les grenouilles plongées sous l'eau. Si l'on observe une grenouille à l'air, et qu'on compte les mouvemens de sa gorge, on voit qu'elle fait environ de quarante à cent inspirations dans une minute. Si on la plonge dans l'eau,

elle cesse à l'instant tout mouvement de déglutition, et quel que soit le temps qu'elle reste submergée, on ne voit plus, excepté dans quelques cas très-rares, aucune inspiration. Pendant les deux mois et demi qu'a duré l'expérience où j'ai fait vivre une grenouille sous l'eau en l'empêchant de venir respirer à la surface et en renouvelant l'eau, je n'ai jamais vu aucun mouvement de déglutition ; et en supposant qu'elle ait respiré quelquefois dans les momens où je ne pouvais l'observer, quelle influence pouvait avoir sur la vie quelques inspirations rares dans un si long espace de temps, lorsqu'on considère qu'à l'air cet animal respire si fréquemment? Une expérience intéressante de M. de Humboldt est analogue à celle que je viens de rapporter et en confirme le résultat. Ayant compté le nombre d'inspirations d'une grenouille dans une quantité déterminée d'air atmosphérique, il y introduisit une mesure d'azote, et vit aussitôt le nombre d'inspirations diminuer : il augmenta successivement le nombre de mesures de gaz azote, et vit aussi le nombre d'inspirations graduellement diminuer ; mais ni l'azote, ni l'hydrogène, ni l'acide carbonique, n'agissent aussi puissamment pour arrêter les inspirations que l'eau. J'ai souvent observé des mouvemens de déglutition chez les grenouilles plongées dans ces gaz. Spallanzani l'avait déjà remarqué ; mais dans les nombreuses expériences que j'ai faites sur l'asphyxie des grenouilles dans de l'eau aérée, il ne m'est arrivé, que dans un très-petit nombre de cas, de voir quelques mouvemens de déglutition ; et Spallanzani n'a jamais eu l'occasion d'en observer.

Ces expériences pourraient être regardées comme

suffisantes pour constater que ce n'est pas au moyen des poumons que ces animaux reçoivent l'influence de l'air; mais ce fait me paraît trop important pour ne pas le soumettre à un examen plus approfondi : c'est pourquoi j'ai entrepris les recherches suivantes. Si les grenouilles prolongent leur existence sous l'eau aérée en inspirant ce liquide, il faudrait au moins en trouver dans leurs poumons. Après avoir attendu jusqu'à ce qu'elles ne donnassent plus de mouvement en les pinçant dans l'eau, je les ai retirées. J'ai de suite mis leurs poumons à découvert, en usant de beaucoup de précaution, et je n'y ai point trouvé d'eau. Cette expérience, que j'ai fréquemment répétée, m'a toujours donné le même résultat. Spallanzani, qui a ouvert un grand nombre de grenouilles après les avoir asphyxiées dans l'eau, n'a jamais trouvé d'eau dans leurs poumons.

On pourrait objecter qu'elles meurent peut-être dans l'expiration, et que, pour cette raison, leurs poumons ne contiennent plus d'eau à leur mort. Je mis dix grenouilles sous des verres renversés sur une cuve qui contenait cinquante-six litres d'eau ; je les ouvris à différens intervalles, dans le cours de leur existence sous l'eau, et je n'en trouvai point dans leurs poumons.

Les grenouilles font un mouvement d'expiration en resserrant leurs flancs : or, si un petit nombre d'expirations suffisait pour vider leurs poumons, on pourrait supposer que lorsqu'on retire de l'eau une grenouille pour examiner ses poumons, elle aura eu le temps de les vider avant qu'on ait pu les mettre à nu ; mais les observations suivantes prouvent le contraire. D'abord, lorsqu'on met une grenouille dans un vase d'eau ren-

versé sur une cuve, on ne tarde pas à voir quelques bulles d'air s'échapper de sa poitrine. Ces bulles se dégagent à différens intervalles, et il faut souvent plusieurs heures pour qu'on ne trouve plus d'air dans les poumons. En second lieu, lorsqu'on saisit une grenouille qui est dans l'air, et lorsqu'on lui ouvre les flancs avec précaution pour ne pas blesser les poumons, on y trouve toujours de l'air. Or, la crainte et la douleur qu'éprouvent alors les grenouilles, et les mouvemens qu'elles font, ne suffisent pas pour expulser l'air dans cet espace de temps. Ainsi, l'air contenu dans l'eau n'agit point sur les poumons des grenouilles qui séjournent sous l'eau. On ne peut donc rapporter qu'à la peau l'influence de l'air contenu dans l'eau; car c'est le seul organe en contact avec ce liquide.



Mais comment agit-elle, en ce cas, sur la peau? Est-ce comme sur les branchies des poissons? C'est ce que j'examinerai dans une autre occasion. Tout ce qui concerne les altérations que les organes font subir à l'air est étranger à ce travail; mais lorsque j'aurai terminé ce qui regarde l'asphyxie, je me livrerai à l'examen de toutes les autres questions qui se sont présentées dans le cours de ces recherches.

Je dois donc me borner ici au fait que je viens de constater, que les grenouilles peuvent vivre plusieurs mois sous l'eau aux dépens de l'air qui s'y trouve, et que la peau est l'organe qui reçoit l'influence de ce fluide. J'ajouterai seulement que pendant qu'elles vivent sous l'eau aérée, journellement renouvelée, on peut voir que les vaisseaux des membranes placées entre les doigts contiennent un sang vermeil.

Dans l'expérience précédente, l'eau était en repos autour de la grenouille; mais vivrait-elle submergée dans de l'eau courante? Cette question semblerait peut-être oiseuse, si Spallanzani n'avait pas conclu de ses expériences qu'elles mouraient plus tôt dans de l'eau courante que dans l'eau stagnante, dans les vases de son laboratoire.

J'ai cherché à décider la question de la manière suivante: Le 6 novembre, je mis une grenouille dans un filet auquel j'avais suspendu un poids; je le jetai au fond de la Seine, dans un endroit où il y avait dix pieds d'eau; je l'attachai ensuite à un bateau immobile. Le 11 du même mois, je retirai le filet, et je trouvai la grenouille vivante et en très-bon état. Je la remis de suite dans l'eau, et l'ayant retirée le 17, je la trouvai également vivace.

Mais à la même époque, des grenouilles plongées sous des verres contenant un décilitre d'eau aérée, et non renouvelée, ne vivaient qu'un petit nombre d'heures.

Il était probable que les salamandres aquatiques étaient douées, ainsi que les grenouilles, de la faculté de vivre sous l'eau aux dépens de l'air de ce liquide; mais l'expérience seule devait en décider. Le 6 décembre, je mis une salamandre crêtée dans dix litres d'eau d'Arcueil, en la tenant sous la surface au moyen d'un diaphragme de fil de fer, et en renouvelant l'eau tous les jours. Elle y vécut jusqu'au mois de février. Je fis une expérience semblable sur la salamandre abdominale de M. Latreille. Elle vécut aussi plus de six semaines, et périt en même temps que la grenouille, l'eau n'ayant pas été renouvelée. Je remarquerai, à l'égard de ces deux espèces de sala-

mandre, que ni l'une ni l'autre ne s'est engourdie dans l'eau à la température de zéro.

Si les salamandres aquatiques et les grenouilles ont la propriété de vivre sous l'eau aérée et en quantité suffisante, on ne pouvait rien conclure à cet égard, par analogie, en faveur des crapauds bruns, qui sont une espèce terrestre.

Le 6 novembre 1817, j'enfermai un crapaud dans un filet auquel je suspendis un poids; je le coulai dans la Seine, et l'attachai à un bateau immobile. Le crapaud vécut sous l'eau depuis cette époque jusqu'au 17; ce qui fait un espace de onze jours; lorsqu'un mois après je retirai le filet, je m'aperçus que l'animal s'était échappé. Il est à remarquer qu'à la même époque les crapauds que je mettais dans un décilitre d'eau aérée n'y vivaient que quelques heures.

L'expérience que je viens de rapporter suffit donc pour prouver que le crapaud brun jouit aussi de la faculté de vivre sous l'eau aux dépens de l'air qu'elle renferme.

Après avoir déterminé que cette faculté appartient aux trois genres de batraciens que j'ai soumis à mes expériences, il importait de rechercher les conditions qui pouvaient influer à cet égard.

C'est pourquoi il était nécessaire d'examiner si ces animaux jouiraient du même avantage dans d'autres saisons, et quelle serait l'influence de la température.

On pourrait croire qu'à l'époque où ces grenouilles quittent leurs retraites au printemps, elles ne sont plus propres à demeurer sous l'eau; car alors il s'est opéré en elles une révolution marquée. Elles sont dans la plus vive excitation, et certaines parties de leur corps subis-

sent des changemens visibles, telle que le pouce du mâle, qui, comme on sait, se gonfle et noircit d'une manière remarquable : ce changement annonce l'époque de leurs amours. J'ai voulu m'assurer si, dans cette saison, elles perdent ou si elles conservent la faculté de subsister sous l'eau. Le 7 mars 1816, l'eau étant à la température de 8°, j'attachai une grenouille par la patte au fond d'un vase de terre contenant vingt-huit litres d'eau d'Arcueil ; j'eus soin, comme dans les expériences précédentes, de renouveler l'eau tous les jours. La grenouille y vécut vingt jours. La température de l'eau pendant cet espace de temps ne s'était pas élevée au-delà de 10°.

Les grenouilles peuvent donc vivre sous l'eau aérée et suffisamment renouvelée, long-temps après l'époque où elles paraissent au printemps.

J'ai également déterminé par l'expérience qu'elles jouissent de cette faculté en automne, à l'époque où elles commencent à disparaître.

Mais leur existence dans l'eau est-elle illimitée pendant ces saisons ou durant toute l'année ? Ne faut-il avoir égard qu'à la seule quantité d'eau aérée ? et la température, qui a une si grande influence sur les batraciens plongés dans des quantités déterminées d'eau, comme je l'ai fait voir dans le Mémoire précédent, ne se feraitelle pas sentir lorsque l'eau est en quantité indéfinie ?

Nous avons vu, dans des expériences faites au printemps de 1816, qu'une grenouille, après avoir vécu vingt jours sous l'eau aérée et renouvelée toutes les vingt-quatre heures, mourut le vingtième jour, et que l'eau ne s'était guère élevée au-delà de 10°.

En automne, au mois d'octobre 1817, une grenouille

vécut sous l'eau, dans le vase de verre que j'ai décrit plus haut, l'espace de onze jours. Dans cet intervalle, la température varia entre 9 et 12°, et c'est lorsque l'eau fut à 12° centigrade que l'animal mourut. Ces expériences m'engagèrent à en faire de nouvelles pour déterminer si une aussi faible température pouvait influer sur l'existence de ces animaux sous l'eau aérée et suffisamment renouvelée.

Le 12 avril, l'eau était à 12°; je mis une grenouille dans une cuve contenant cinquante-six litres d'eau de la Seine, et je la retins au fond par une ficelle attachée à un poids; je la trouvai morte le lendemain. Je fis la même expérience plusieurs jours de suite avec le même résultat. L'eau s'était élevée, dans ces différentes expériences, jusqu'à 14°.

J'ai fait les mêmes expériences sur les crapauds et les salamandres avec le même résultat.

Ainsi, dans des vases qui contiennent douze litres d'eau aérée, les batraciens peuvent vivre facilement sans venir respirer à la surface, tant qu'on renouvelle l'eau tous les jours, et qu'elle se trouve entre zéro et 10° centigrades; mais lorsqu'elle est à ce degré, ces animaux ont de la peine à exister, et périssent bientôt si la température arrive à 12° ou 14°.

Ces effets de la température sont bien remarquables, et plus frappans que ceux que nous avons rapportés dans le Mémoire précédent, dont ils confirment les résultats.

Dans les expériences que je viens de rapporter, les animaux étaient tenus dans des vases dont on renouvelait l'eau dans les vingt-quatre heures.

Mais éprouveraient-ils le même effet délétère de cette

faible élévation de température s'ils étaient tenus sous l'eau dans des étangs ou des rivières? Lorsqu'ils y vivent en liberté, rien ne les empêche de venir à la surface lorsque l'eau est à cette température.

Si cependant ces animaux y étaient retenus de manière à ce qu'ils ne pussent pas monter à la surface pour respirer, succomberaient-ils à la même température qui leur est si fatale dans les vases où je les ai soumis à l'expérience? On pourrait d'abord croire que les circonstances sont les mêmes parce que les quantités d'eau, dans l'un et l'autre cas, sont indéfinies, puisqu'on la renouvelle dans ces vases; mais le renouvellement de ce liquide, une seule fois par jour, pourrait ne pas suffire aux besoins de l'animal, tandis que, dans une rivière, l'eau se renouvelle constamment. Comme cette différence dans les conditions pouvait en apporter une dans les résultats, je voulus m'en assurer par l'expérience suivante : le 12 avril, je mis sept grenouilles et deux crapauds dans un panier d'osier qui fut assujetti sous l'eau de la Seine; la température de la rivière, prise à sa surface, était de 12° : à cette température, les grenouilles ne vivaient plus dans cinquante-six litres d'eau renouvelée une fois toutes les vingt-quatre heures.

Le 20 du même mois, je les retirai, et sur les sept grenouilles, quatre étaient mortes; les autres, ainsi que les crapauds, vivaient encore. La température était à 12 degrés. Il y avait donc une différence marquée entre ce qui se passait dans ces vases et ce qui avait lieu dans la rivière. L'eau courante, à la température de 12°, était beaucoup plus favorable à la vie des grenouilles. Devait-on l'attribuer à une différence de température à la sur-

face et au fond ? Pour m'en éclaircir, je remplis une bouteille d'eau que je bouchai et que je coulai à l'endroit où se trouvait le panier, à la profondeur de cinq pieds et demi. Je la retirai vingt-quatre heures après, et je trouvai la température de l'eau qu'elle renfermait exactement la même que celle de la surface. Je répétai cette expérience plusieurs fois dans ce mois, avec le même résultat.

Des deux crapauds que j'avais mis dans le panier, l'un fut trouvé mort le 5 mai, l'eau étant à 16°; et l'autre le 19 de ce mois, l'eau étant à 17°. Le 13 juin, il subsistait encore une grenouille des sept qui avaient été mises dans la rivière le 12 avril. Dans cet intervalle, qui renferme un espace de plus de deux mois, la température a varié de 12° jusqu'à 22° centigrades. Dans les premiers huit jours, plus de la moitié mourut entre 12° et 14°: une seule a résisté à une température de 22°.

En comparant les expériences faites dans les vases avec celles qui ont eu lieu dans la rivière, on voit que cette dernière condition a été en général plus favorable à la vie des batraciens. Cependant, dans ces deux cas, on a employé la même eau; elle était aussi à la même température. La seule différence appréciable est celle du renouvellement continuel de l'eau par le courant de la rivière.

Dans la vie des grenouilles sous l'eau, il y a donc au moins trois conditions qui influent puissamment sur leur existence : la présence de l'air dans l'eau, la quantité ou le renouvellement de ce liquide, et sa température.

Le rapport de ces trois causes mérite une considération particulière. Nous avons examiné la première

avec une grande attention, et nous avons constaté que l'air contenu dans l'eau pouvait entretenir la vie des batraciens plongés sous ce liquide. Mais comment la température influe-t-elle en ce cas? Puisque l'air est la première des conditions pour prolonger l'existence de ces animaux sous l'eau, on pourrait croire que l'élévation de température agit en diminuant la quantité de ce fluide.

Mais la température qui est fatale aux grenouilles séjournant sous de l'eau aérée et souvent renouvelée ne change point d'une manière marquée les proportions de l'air contenu dans ce liquide. M. de Humboldt, dans le travail qu'il a fait avec M. Provençal sur la respiration des poissons, a constaté que l'eau de la Seine contenait sensiblement la même quantité d'air dans les diverses analyses qu'il en a faites du mois de septembre au mois de février. Or, la température de la Seine, dans cet espace de temps, varie au moins de zéro à 16 ou 17 degrés centigrades; température supérieure à celle où j'ai trouvé que le plus grand nombre de grenouilles périssait dans la Seine lorsqu'elles y étaient submergées.

Puisque la quantité d'air reste la même et qu'il n'y a que le degré de la température qui varie, c'est à cette cause qu'il faut attribuer la différence des résultats.

Or, les expériences contenues dans le dernier Mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à l'Académie s'accordent parfaitement avec les faits que je viens de rapporter. J'ai prouvé précédemment que lorsqu'on submerge des grenouilles dans un décilitre d'eau aérée, la durée de leur vie y est d'autant moindre que la température s'élève davantage de zéro à 42° centigr. où elles meurent

presque subitement ; et que, dans toute l'étendue de cette échelle, un petit nombre de degrés suffisaient pour produire une grande différence dans la durée de la vie de ces animaux. La température ascendante, à partir de zéro, tend donc à abréger la vie des grenouilles sous l'eau.

Je viens de faire voir que l'air renfermé dans l'eau a une influence contraire, qu'elle tend à prolonger la vie des batraciens séjournant sous ce liquide, et que la durée de la vie de ces animaux augmente avec les quantités d'eau aérée. Lorsqu'ils se trouvent dans dix litres d'eau aérée, qu'on renouvelle une fois par jour, et que la température est comprise entre zéro et 10 degrés, la chaleur n'est pas assez élevée pour balancer l'effet vivifiant de l'air ; mais lorsqu'elle est arrivée à 10 et 12 degrés, l'influence délétère de l'élévation de température l'emporte sur l'action vivifiante de l'air contenu dans l'eau, et les animaux y meurent, à moins qu'on n'augmente la quantité d'air. Or, on peut augmenter la quantité d'air en fournissant, dans le même temps, une plus grande quantité d'eau aérée : c'est pourquoi une partie des grenouilles qu'on met dans une eau courante résiste à la température qui leur serait fatale dans les vases où l'on ne renouvelle l'eau qu'une fois par jour ; mais l'influence du renouvellement d'eau est très-bornée au-delà de certaines limites ; car ce liquide, comme on sait, ne contient qu'une petite partie de son volume d'air ; et M. de Humboldt a déterminé que l'eau de la Seine n'en contient qu'un 38me. Or, l'air, en si petite proportion dans ce liquide, quoiqu'il soit constamment renouvelé, n'a plus qu'une influence très-limitée pour balancer l'effet de l'élévation de température.

Il n'est qu'un moyen pour que ces animaux y résistent, c'est de venir à la surface respirer l'air de l'atmosphère; sans quoi, la plupart des grenouilles plongées sous une eau courante succomberait à une aussi faible température que celle de 12 à 14° centigr. Ces expériences présentent des rapports importans entre les quantités d'air et les degrés de température. On voit qu'ils ont une influence inverse, et qu'on peut, dans de certaines limites, balancer les effets de l'une de ces causes au moyen de l'autre.

La petite quantité d'air contenue dans l'eau au-dessous de 10 degrés, qui suffit pour entretenir la vie des batraciens plongés sous ce liquide, produit un changement extraordinaire dans leur manière d'être. On connaît l'extrême agilité des grenouilles, et combien elles sont différentes, à cet égard, des crapauds; mais leur séjour sous l'eau aérée fait disparaître cette différence, qui seule suffirait pour les distinguer. Il fait plus encore; elles deviennent si lentes dans leurs mouvemens qu'elles sont plus tardives que les tortues; le moindre bruit, qui, lorsqu'elles respiraient l'air de l'atmosphère, leur causait des terreurs paniques, ne leur fait plus d'impression. La lumière, qui les appelle si facilement à la surface dans d'autres occasions, ne les fait plus monter lorsque la température de l'eau est assez basse. Elles ont cependant, à ce degré, l'usage de leurs sens et de leurs mouvemens; mais dans l'air à la même température, elles ont une grande mobilité. Ainsi donc, l'habitation sous l'eau qui les soustrait à l'action de l'atmosphère change tellement les mœurs de ces animaux, qu'ils sembleraient appartenir à une autre espèce si leur forme ne la rappelait.

Il résulte des expériences rapportées dans ce Mémoire:

Que l'air contenu dans l'eau prolonge la vie des batraciens plongés dans ce liquide;

Que, dans certaines limites, la vie de ces animaux est d'autant plus longue en ce cas, qu'on emploie de plus grandes quantités d'eau;

Que dans dix litres d'eau aérée, qu'on renouvelle une fois toutes les vingt-quatre heures, les grenouilles peuvent subsister plusieurs mois, tant que la température est comprise entre 0 et 10° centigr.;

Que lorsque la température s'élève, en ce cas, à 12 ou 14 degrés, elles meurent toutes dans l'espace d'un à deux jours;

Que la plupart des grenouilles qui sont tenues sous une eau courante y périssent à cette température;

Qu'un très-petit nombre d'entre elles peut, dans une situation pareille, résister à une température de 22°;

Que les grenouilles ne respirent pas l'air de l'eau au moyen de leurs poumons;

Que l'air contenu dans l'eau entretient la vie de ces animaux en agissant sur la peau;

Que l'action de l'air et celle de l'élévation de température produisent des effets opposés sur les batraciens plongés dans l'eau aérée;

Que l'influence vivifiante de l'air contenu dans une quantité suffisante d'eau l'emporte sur l'action délétère de l'élévation de température, à partir de 0 jusqu'à 10°;

Qu'à 12°, l'influence de la température l'emporte en général sur l'action vivifiante de l'air contenu dans l'eau;

Qu'en général, les batraciens adultes, pour pouvoir subsister dans l'eau aérée à 10°, à 12° et au-delà, sont obligés de s'élever de temps en temps à la surface pour respirer l'air de l'atmosphère.

RECHERCHES

Sur le Principe qui assaisonne les Fromages.

PAR M. PROUST.

PREMIÈRE PARTIE.

LA glutine du froment est susceptible d'une fermentation spontanée analogue à celle qui convertit les substances sucrées en produits nouveaux. On pourrait même, sous cet aspect, la placer en tête des corps fermentescibles, puisque, indépendamment des résultats que nous allons faire connaître, elle commence à changer d'état à une température moindre que celle qu'exigerait pour cela le moût de raisin.

Quelques-uns de ces résultats ont déjà été aperçus : tels sont, par exemple, l'acide carbonique, celui du vinaigre et l'ammoniaque. Mais il en est deux autres surtout qu'on n'a point encore remarqués, que je sache; ce sont, premièrement, un acide particulier que j'ai cru pouvoir nommer *acide caséique*; puis, un second produit que j'appellerai *oxide caséeux*, en attendant que de

nouveaux essais viennent décider si ces qualifications d'acide et d'oxide mériteront d'être conservées dans le langage de la science.

Revenant à la glutine, il paraîtra nouveau sans doute de voir que la substance végéto-animale qui n'a d'autre emploi que de faire partie du pain, soit néanmoins susceptible de créer, par sa propre fermentation, l'acide qui assaisonne l'insipide caillé de nos laitages, ou, si l'on veut, le principe qui le transforme en une sorte d'aliment qu'on peut dire nouveau, puisqu'en effet cette union le rend odorant, savoureux, piquant, souvent même délicieux, quand il a pu recevoir l'influence de certains pâturages; influence qui justifie beaucoup mieux, dans le fromage que dans le lait, l'adage : *Pabuli sapor apparet in lacte,* des naturalistes anciens.

L'acide caséique et l'oxide qui l'accompagne, se formant aussi dans le caillé abandonné à lui-même, il ne sera point nécessaire de les aller chercher dans la glutine quand on voudra se les procurer. Mais comme c'est dans cette substance que je l'ai trouvé d'abord, il me paraît convenable de tracer les phénomènes de sa fermentation avant ceux de la fermentation du caillé. Voici, en outre, les motifs qui m'y déterminent.

Le hasard, qui a voulu que je m'occupasse de la glutine avant de penser au caillé, m'a également conduit à éclairer la nature de leur fermentation beaucoup mieux que si j'eusse, au contraire, commencé par le caillé.

Supposons, en effet, que j'eusse trouvé d'abord l'acide caséique dans le caillé, quel attrait d'utilité pouvait alors m'appeler vers la fermentation de la glutine? Aucun, quand j'y réfléchis, puisque la glutine fermentée n'est

bonne à rien, puisque son fromage ne peut jamais entrer sur nos tables en concurrence avec celui de nos laitages. Me bornant donc à l'analyse de ces derniers, j'aurais rallié tout au plus mon travail aux analogies qu'Hilaire Rouëlle aperçut, de son temps, entre la glutine livrée à elle-même et le fromage vieux, sans être tenté de m'engager plus avant. Ce que je viens d'esquisser suffisant, je crois, pour donner une idée de ces choses, je vais entrer de suite en matière.

Sur les Gaz de la glutine.

La glutine, gardée sous l'eau dans une température d'environ 10 degrés, ne tarde pas douze heures à fournir les premiers signes du changement dont elle est susceptible.

Le 25 septembre 1802, une livre de glutine fraîche occupait le volume de 36 pouces dans le bas d'une cloche jaugée et pleine d'eau. Le 28, la masse, gonflée et devenue plus légère, était montée jusqu'à la voûte. Dans cet état, elle ressemblait assez bien à un cylindre de mie de pain bis. M'apercevant, dans les jours suivans, que les gaz n'augmentaient plus, je me déterminai à le rompre avec une baguette que j'introduisis pardessous la cloche. Les gaz, rassemblés par ce moyen, indiquèrent environ 85 pouces sur la division. Tirés de là et lavés au lait de chaux, je trouvai que c'était un mélange de 48 pouces d'acide carbonique et 38 d'hydrogène. Ce dernier, à ma grande surprise, était à-peu-près aussi pur que celui qu'on obtient en décomposant l'eau par le fer; car son résidu, après avoir été brûlé dans un excès d'oxigène, ne m'offrit aucune trace d'acide carbonique. Un

résultat aussi singulier me fit penser que cet hydrogène-là pourrait bien n'e pas appartenir à la glutine, mais à l'eau décomposée sous l'influence de sa fermentation. Si, en effet, il eût été l'un des facteurs de la glutine, ne serait-il pas extraordinaire qu'il n'eût entraîné avec lui ni charbon, ni soufre, ni phosphore; tandis que cela ne manque pas d'arriver quand la désorganisation de cette substance est plus avancée ? N'oublions pas enfin d'ajouter que cet hydrogène ne consuma, par sa combustion, qu'une demi-fois son volume en oxigène; ce qui est tout justement la dépense qu'en aurait fait de l'hydrogène pur.

La glutine, après cette émission, ne me paraissant pas disposée à en fournir davantage, je la tirai de la cloche pour l'examiner : c'était alors une pâte grise, filante, acidule, mais jusque-là sans mauvaise odeur. J'imaginai de la faire rentrer sous la cloche. Ce rapprochement la ranima, et en moins de huit jours elle produisit encore 60 pouces entre hydrogène et acide carbonique à parties égales : c'était par conséquent un total de 145 à 150 pouces de gaz fournis par une livre de glutine, après quoi elle se reposa.

Sur la nature du pain.

Tels sont donc les gaz qui, conjointement avec cette portion d'air atmosphérique que le boulanger a l'art d'y faire entrer, gonflent et soulèvent la pâte durant ce mouvement qu'on appelle sa *levure*. Il s'échappe encore du pain, au moment qu'on le tire du four, des restes de ces gaz plus ou moins éloignés de leur état primitif; car autrement, d'où viendrait l'asphyxie à laquelle,

au rapport de Sage, on s'expose quand on demeure trop long-temps dans la pièce où l'on entasse le pain chaud?

La fermentation de la glutine, arrêtée à ce terme où elle n'engendre encore que des gaz, ou bien cette fermentation à son premier période, est donc évidemment la cause unique qui fait lever le pain. Le principe sucré n'est point rare dans les grains qui manquent de glutine, et sa fermentation, avec tout cela, ne saurait suppléer celle de l'autre. Voyez, par exemple, le maïs; il abonde en matière mielleuse, sa galette en est répugnante à ceux qui n'y sont pas habitués; et bien, sa farine ne saurait atteindre d'elle-même au gonflement qui soulève, qui distend la pâte du froment, qui la convertit en pain levé. Donc : mais aux gaz dont nous venons de parler, se joignent encore de l'acide acétique et de l'ammoniaque; car on en trouve des traces sensibles dans le pain frais. C'est, je crois, M. Vauquelin qui l'a remarqué; et depuis, j'ai eu lieu de m'en assurer; mais pour l'acide ou pour le produit nouveau qui tout-à-l'heure sera le résultat d'une fermentation plus avancée, je ne pense pas qu'il puisse se rencontrer dans le pain : d'ailleurs, son odeur et sa saveur excessivement forte le trahiraient bien vite.

Formation du caséate d'ammoniaque.

Lorsque les gaz de la glutine ont fini de paraître, on la tire de la cloche pour la garder sous quelques pouces d'eau, dans un bocal qu'on a soin de fermer avec une plaque de verre, afin que les mouches ne s'y introduisent pas, attirées par l'infection qui s'y établit. Alors, sans gonflement ni aucun signe ultérieur, elle continue de former

du vinaigre, de l'acide phosphorique et de l'acide caséique, tous saturés par de l'ammoniaque; mais si, au lieu de la défendre contre l'évaporation, on la tient couverte d'un simple papier, elle s'en va, se desséchant; elle abandonne les parois du vase, et finit par prendre l'aspect de cette matière coriace, rembrunie et pourvue d'une odeur caractérisée qui porta Rouelle à lui trouver de l'analogie avec le vieux fromage. Si, au contraire, comme nous l'avons dit, on continue de la maintenir humectée et couverte, tous ses produits alors augmentent de jour en jour, et il arrive un moment où la saumure qui la surnage en est si chargée qu'il faut finir par la retirer, autrement l'excès de tous ces sels la sale, la confit en quelque sorte, et arrête, en un mot, le progrès de ses changemens, comme nous voyons l'alcool arrêter ceux d'un vin où il commence à dominer.

Extraction du caséate.

La fermentation de la glutine arrivée à ce terme, on la délaie, on la jette sur une toile, puis on la lave et on la remet dans le bocal, afin qu'elle continue d'y préparer une nouvelle récolte.

Pour les lavages, on les évapore doucement jusqu'à consistance de sirop, dans une bassine d'argent. La surface de ce métal, par exemple, en est fort altérée, à cause de l'hydrogène sulfuré qui la noircit profondément. A cette chaleur, il s'en sépare aussi beaucoup de carbonate et même de l'acétate d'ammoniaque. A la fin, on obtient un produit sirupeux qui se congèle, sous peu de jours, en une masse saline, rousse, un peu transpa-

rente, dont la saveur est âcre et répugnante à l'excès, à raison de son excessive intensité fromageuse.

Oxide caséeux.

Sans retirer cette masse de la bassine, on la couvre d'alcool, on l'agite ; elle se trouble, et il s'en sépare une poudre blanche abondante qu'on achève de laver sur le filtre avec de l'alcool, jusqu'à ce qu'on ne lui trouve plus de saveur fromageuse.

Purification de l'acide caséique.

On conserve, dans un bocal étroit, la dissolution alcoolique qui provient de la masse saline ci-dessus. Tous les deux jours à-peu-près, on y ajoute un couple d'onces d'alcool bien sec. Par cette addition, on détermine la chute d'une liqueur sirupeuse qui n'est autre chose qu'un peu de gomme. Au bout d'une quinzaine enfin, on décante la liqueur, on la distille, et elle reproduit encore la masse saline qu'il s'agit maintenant de simplifier.

1°. Qu'elle ait contenu du carbonate d'ammoniaque, c'est ce que l'évaporation en vaisseaux fermés nous démontre.

2°. Si on la distille sur de la crême de tartre en poudre, on en retire du vinaigre.

3°. Si on l'essaie aux dissolutions de chaux, de plomb ou d'étain, on en tire des précipités qui sont tous autant de phosphates.

Reste donc à séparer le caséate de tous ces sels ; alors, sans tirer de la bassine la masse saline que l'alcool et les évaporations ont déjà purgée d'oxide, de gomme et de car-

bonate d'ammoniaque, on y ajoute de l'eau et un couple d'onces de céruse qui ne contienne pas de chaux; ce qu'on rencontre parfois dans le commerce; puis on donne quelques bouillons. Par ce moyen, toute l'ammoniaque se dissipe; et nos trois acides acétique, caséique et phosphorique se saturent; on filtre; déjà le phosphate de plomb reste dans l'excès de la céruse, et l'on n'a plus, dans la liqueur filtrée, que du caséate et de l'acétate de plomb. Actuellement, pour séparer ceux-ci, on procède de la manière suivante : on y fait passer un courant d'hydrogène sulfuré; ce qui fait tomber le plomb. On filtre encore, on distille; bientôt l'acide acétique se rend dans le récipient, et on ne trouve plus au fond de la retorte que l'acide caséique seul, dont la dépuration est assurée s'il ne trouble ni l'eau de chaux ni les dissolutions de plomb et d'étain. Quant à l'ammoniaque, si on pouvait en soupçonner la présence dans notre acide, l'épreuve au muriate de platine prouverait suffisamment qu'elle n'y est plus.

Ce serait ici le lieu sans doute de faire connaître les propriétés de notre acide; mais il nous reste encore à parler de la fermentation du fromage. Nous allons le faire aussi brièvement que possible; après quoi, nous reviendrons à l'acide caséique.

Fermentation du caillé.

Le caillé, dont la nature suit de si près celle de la glutine, puisque l'un et l'autre donnent naissance aux mêmes résultats, le caillé diffère néanmoins de la substance végéto-animale en ce qu'il ne se gonfle que fort peu, en ce qu'il est bien loin de fournir dans la clo-

che un volume de gaz aussi considérable qu'elle : c'est ce qui me détermina à l'en tirer, pour le garder ensuite dans un bocal sous quelques pouces d'eau. Ce caillé provenait d'un lait de brebis fort épais, qu'on trouve à Madrid, aux approches du printemps ; il fut écrémé, puis coupé à chaud avec du vinaigre distillé, ensuite lavé et renfermé tout frais, mais égoutté, dans un bocal couvert. D'abord, l'aigreur et une sorte de bouillonnement gazeux s'y établirent. Bientôt après, la fétidité, l'odeur ammoniacale, puis la fromageuse, se succédèrent tour-à-tour. Au bout d'un an et demi, cette masse, devenue grise, filante et, pour le dire aussi, d'une odeur détestable, fut lavée, puis remise au bocal.

Il serait inutile ici de s'étendre sur les résultats de cette fermentation, parce qu'ils sont absolument les mêmes que ceux de la glutine, avec cette différence pourtant qu'ils sont plus abondans, et l'acide caséique un peu moins foncé ; mais il est un fait sur lequel je crois devoir insister. Si, par exemple, l'oxide blanc eût manqué à la fermentation du fromage, c'en était assez alors pour douter que l'acide caséique fût, de son côté, aussi essentiellement le même dans un cas que dans l'autre ; mais la formation contemporaine de ces deux singuliers produits, dans le fromage comme dans la glutine, ne permet plus de s'inquiéter sur le fait de leur identité.

Il ne nous reste plus rien à voir sur ces deux fermentations ; et à présent qu'il est certain que l'une et l'autre engendrent du vinaigre, de l'acide phosphorique et caséique, de l'ammoniaque pour les saturer, de l'oxide caséeux, un peu de gomme, et enfin de l'hydrogène sul-

furé, peut-être même du phosphoré, nous allons détailler les propriétés de nos deux principaux résultats.

Propriétés de l'acide caséique.

Il a la couleur et la consistance d'un sirop de capillaire. Son goût est acide, amer et fromageux; il se congèle en une masse transparente, grenue et d'un aspect mielleux. Dans cet état, il ne trouble, comme je l'ai dit, ni l'eau de chaux, ni le muriate d'étain, ni l'acétate de plomb. Il précipite la solution de nitrate d'argent en une laque blanche qui jaunit et devient rougeâtre. Avec le muriate d'or pur, il donne une laque jaune dans laquelle on trouve l'acide et l'oxide unis; car, en la chauffant fortement, elle se réduit à de l'or en grenaille et du charbon d'acide caséique. Il précipite en blanc le sublimé corrosif, mais ne change rien à la dissolution des métaux qui tiennent plus fortement à l'oxigène, tels que le fer, le cobalt, le nickel, le manganèse, le cuivre et le zinc.

L'acide muriatique oxigéné, qui caille en blanc les mucilages animaux, ne fait aucun changement dans l'acide caséique.

Cet acide produit avec le suc de noix de galle un caillé blanc fort épais.

L'acide nitrique le change en acide oxalique plus promptement qu'aucune substance animale; il se produit alors un peu d'oxalate de chaux mêlé d'acide benzoïque; ce qu'on découvre en y appliquant l'alcool qui dissout l'acide benzoïque et laisse l'oxalate. Le jaune amer paraît ensuite et assez abondamment.

Enfin, cet acide, chauffé dans une retorte, fournit les

produits ordinaires aux matières animales, tels que carbonate d'ammoniaque, huile, hydrogène huileux et un charbon volumineux, sans aucune trace d'odeur prussique. J'aurais dû examiner le charbon.

Il est inutile de rappeler ici que tous ces caractères se retrouvent dans les deux acides caséiques de la glutine et du fromage. Parlons maintenant du caséate d'ammoniate, l'un des sels essentiels, si je puis dire ainsi, de tout fromage fait.

Caséate d'ammoniaque.

Ce sel ne cristallise pas; il a une saveur salée, piquante, amère et fromageuse, mêlée d'un arrière-goût de viande rôtie, plus sensible quand on ne le goûte qu'en parcelles.

Il est toujours acide et rougit le tournesol; ces deux qualités disparaissent aussitôt qu'on a achevé de le saturer d'ammoniaque; mais si on le garde vingt-quatre heures à découvert, surtout en été, il perd de l'ammoniaque et redevient acide : en quoi il ressemble à quelques sels qui ont aussi cette disposition, tels entre autres que le tartrate de potasse et le phosphate d'ammoniaque qui n'est pas trisulé par la soude.

La potasse en dégage l'ammoniaque, et la saveur fromageuse disparaît alors entièrement. Ce caséate ne m'a pas paru cristalliser mieux que le précédent. Passons maintenant au caséate d'ammoniaque extrait de la glutine ou du fromage fermenté.

La masse saline, mielleuse, seulement purgée d'oxide blanc par l'alcool, puis ramenée à cette consistance par l'évaporation, a les propriétés suivantes : la même saveur

que ci-dessus, et toujours avec un arrière-goût de bouillon devenu âcre pour être trop concentré, inconvénient qu'on trouve quelquefois dans ceux qu'on présente aux malades. La saveur du caséate est en général très-répugnante, et l'on consent difficilement à croire qu'il puisse être le condiment ou le principe qui assaisonne les fromages, même lorsqu'on le goûte comparativement avec l'extrait retiré de ceux de Gruyère et de Roquefort.

Oxide caséeux.

Cet oxide n'est pas, comme je l'ai dit, un résultat fortuit, puisqu'en effet on le voit se produire aussi-bien dans la glutine que dans le fromage fermenté, et que d'ailleurs nous le retrouvons dans tous les fromages. Peut-être n'aura-t-il pas autant de droits à notre attention que l'acide caséique, attendu qu'il ne contribue ni à leur odeur ni à leur saveur : malgré cela pourtant, il se fera remarquer en ce qu'il a je ne sais quoi de plus singulier, de plus original dans ses qualités que notre acide, dont tout le dénouement est en quelque sorte prévu, si je puis dire ainsi, dès qu'on sait qu'il est question d'un acide.

D'abord, pour le purifier davantage, on le fait dissoudre dans l'eau bouillante, on filtre immédiatement, on évapore, et vers la fin on voit se former une nappe et des encroûtemens qui s'accumulent sur les bords. Après le refroidissement, on jette tout sur un filtre afin de retenir dans l'eau mère des restes de caséate ammoniacal ; enfin, on lave avec un peu d'eau froide, et l'on met à sécher. Notre produit a la légèreté, la blancheur et le spongieux de l'agaric blanc des drogueries.

Trois dissolutions consécutives, des évaporations rapides ou spontanées n'ont rien changé à ses apparences.

Les fragmens en sont si légers qu'ils surnagent l'eau froide et l'eau bouillante; et c'est vers le 60me degré qu'ils commencent à s'y dissoudre : l'eau ne semble pas les mouiller.

Ils affectent le toucher d'une manière qui n'appartient qu'à cette substance. Ils s'aplatissent, ils s'émiettent sans se diviser à cause de leur porosité qui leur permet de se laisser refouler. Comprimés fortement, ils laissent aux doigts une impression graisseuse, mais ni sèche ni poudreuse, comme celle de l'agaric, auquel ils ressemblent si bien d'ailleurs.

Ils n'ont point de saveur, à moins que ce ne soit celle d'un reste de caséate ammoniacal, que l'alcool ne leur enlève pas tout-à-fait. Leur solution chaude a un léger goût de mie de pain, et durant la cuite elle reprend toujours la même odeur.

L'alcool bouillant en dissout fort peu, et il s'en sépare en grains cristallins, quoiqu'à la loupe on ne puisse rien y distinguer.

L'éther chaud ne l'attaque point; les acides, les alcalis ne manifestent rien dans sa solution. La potasse le dissout rapidement; mais il n'en résulte pas de savon: aussi n'y perd-elle pas sa causticité.

L'acide nitrique le dissout promptement : à l'aide d'un peu de chaleur, il s'en dégage un gaz que je n'ai point examiné; vient ensuite le gaz nitreux. L'opération se termine par une récolte facile d'acide oxalique ; à peine y a-t-il du jaune amer dans le résidu.

Mais c'est surtout par les produits de sa distillation

que notre oxide semble se distinguer de tout ce qu'on connaît.

Chauffé doucement, il se sublime en grande partie, tandis que celui qui éprouve plus de chaleur commence à se décomposer. Alors il s'en élève une huile jaune abondante qui se congèle; de l'eau à peine, et de l'ammoniaque si faiblement, qu'il faut y présenter un tube mouillé d'acide pour en faire paraître quelques vapeurs. Son charbon, très-léger, peu volumineux, est assez semblable à celui des corps gras distillés.

Ce qu'il y a de remarquable dans cette distillation, c'est l'odeur singulière de l'huile congelée : elle est graisseuse, non piquante comme celle des corps gras; mais elle frappe l'odorat d'une fétidité alliacée qui rappelle celle de l'acétite arsénical de Cadet : d'où il résulte que cette substance tient, d'une part, aux corps gras, et, de l'autre, aux oxides animaux : et en effet, son toucher graisseux plutôt que pulvérulent, sa volatilité, son inflammation facile et sa flamme blanche, l'huile abondante, son peu d'eau, moins d'ammoniaque encore, tout cela semble appartenir aux corps huileux ou sur-hydrogénés; tandis que, d'un autre côté, sa solubilité, la promptitude avec laquelle elle se change en acide oxalique, la rapprocheraient des oxides. Ce sera un oxide enfin, mais auquel la nature aurait épargné l'oxigène et l'azote.

Analyse de quelques fromages.

L'oxide sous la forme de concrétions blanches globuleuses se présente à la vue, dans les fromages de glutine qui n'ont pu se dessécher.

Elles se remarquent aussi quelquefois dans ceux de Gruyère et de Roquefort quand ils sont vieux. Ce sont des points cantonnés, des noyaux de peu d'étendue qui affectent la dent d'une impression sèche et terreuse; mais, au reste, l'analyse va les retrouver dans les fromages.

Un fromage de brebis non salé, que j'avais laissé sécher en masse, me donna, au bout de deux ans, 32 pour 100 d'un extrait qui contenait l'acide, l'oxide et un peu de gomme.

Un fromage qui vient de Villalou à Madrid, donna 28 centièmes d'un pareil extrait.

Un fromage de Gruyère en donna 34.

Un fromage de Roquefort en donna 30.

Un fromage d'Oviedo, très-délicat et qui n'entre pas dans le commerce, en donna 36.

Tous ces extraits rappellent au goût celui de viandes rôties, et tous les résidus, même du plus savoureux Roquefort, ne présentent plus qu'une pulpe jaunâtre, fade et nauséabonde.

Les fromages n'éprouvent point en général de ramollissement sensible dans l'intervalle qui les perfectionne et les mûrit; il paraît que leur fermentation s'établit sans le concours d'une grande humidité. D'autres faits viendront encore le prouver; et comme le caillé ne laisse dégager que fort peu de gaz, on voit de là pourquoi les fromages ne sont jamais très-spongieux.

Lorsqu'on applique l'alcool aux extraits de ces fromages, on enlève, d'une part, le caséate d'ammoniaque; l'oxide blanc reste mêlé avec le sel dont on les avait assaisonnés, et la portion de gomme que nous avons vue se

produire dans les fermentations de la glutine et du caillé.

Pour séparer ces trois produits, on y mêle un alcool à 20 degrés, qui dissout le sel marin et quelque reste de caséate; la gomme alors et l'oxide blanc restant seuls, on parvient à séparer ceux-ci avec de l'eau froide à cause du peu de solubilité de l'oxide blanc.

On sait combien diffèrent les fromages de Gruyère nouveaux de ceux qui sont vieux. Ceux-ci, n'ayant pas été plus salés que les premiers, sont néanmoins beaucoup plus savoureux et plus piquans; aussi les amateurs vont-ils souvent les chercher au marché des Innocens, plutôt que chez les épiciers. Outre le montant qu'ils ont acquis par la vétusté, ils ont perdu de leur consistance. La pâte en est plus continue, ils s'émiettent, ils jaunissent et se brisent au moindre effort. Quelques-uns même deviennent surchargés de concrétions globulaires qui n'appartiennent point au travail destructeur des derniers, et leur dégradation ne provient que de l'augmentation des sels dont nous avons parlé : il y en a même que le chimiste n'a pas besoin d'analyser pour reconnaître qu'ils sont surchargés de carbonate d'ammoniaque; tels sont les fromages de Brie, de Calemberg et beaucoup d'autres. Il suffit, en effet, de les goûter pour en avoir la bouche ampoulée. Tous ces changemens, résultat d'une fermentation sourde et insensible, n'exigent pas, comme on le voit, le concours d'une grande abondance d'humidité.

J'ai dit, au commencement, qu'il fallait rejeter au bocal la glutine ou le caillé fermenté, après les avoir

lavés, pour qu'ils y préparassent une nouvelle récolte de caséate. Je n'ai pourtant pas été à même de m'en convaincre ; je le présume néanmoins, en considérant la dégradation vers laquelle tendent tous les fromages à mesure qu'ils vieillissent. La perte de consistance et l'augmentation de leur âcreté garantissent, en effet, l'espèce de gangrène saline qui les achemine à ce terme. Mais si, d'un autre côté, l'on réfléchit à la quantité de caillé encore doux qu'on trouve après le lavage, il semblerait alors que le but de la nature, dans ce genre de fermentation, est de ne porter ce changement du caillé que jusqu'à la limite où une partie de lui-même, dénaturée ou convertie en caséate, se trouve en quantité suffisante pour arrêter la fermentation de l'autre, pour saler celle-ci, pour la confire, et la mettre par conséquent en état de se conserver. Si, en effet, la fermentation pouvait atteindre, dans le fromage, son *maximum* aussi rapidement qu'elle commence, il est évident que le résultat final de tout cela n'aboutirait qu'à nous donner une production parfaitement inutile.

Que ferions-nous, par exemple, d'un caillé que sa fermentation aurait totalement changé en caséate, en acétate, en carbonate et en oxide blanc ? Rien du tout ; car ce ne serait plus alors que l'extrait fromageux que nous venons d'analyser.

Entre la production des fromages et celle du vin, il y a, je crois, une analogie qui me paraît mériter d'être rapportée ici.

Il n'est pas vrai, par exemple, que le parfum qui caractérise certains herbages s'aperçoive ou se retrouve

dans leur lait : *appareat in lacte* (1). Faites le tour de la France, parcourez les provinces d'Espagne, et vous ne rencontrerez jamais, prévention à part, un lait qui diffère de l'autre, ni pour l'odorat ni pour la saveur : cependant il y a autant de fromages différens qu'il y a de provinces dans ces deux royaumes, et les nuances qui les distinguent sous ces deux rapports sont incontestables. D'où vient cela ? De la différence des manipulations ? Elle y influera sans doute ; mais elle ne suffira pas. Autrement le fromage enfumé de Villalou vaudrait autant que celui des Asturies, et en France, le village le moins en réputation nous ferait du Roquefort (2).

---

(1) Il est certain cependant que les vaches qui ont mangé des plantes du genre de l'ail, comme je l'ai observé en France pour l'*allium corsinum*, et en Amérique pour l'*allium canadense*, donnent un lait qui a le goût de ces plantes, et que ce goût se conserve dans le fromage. Des agriculteurs anglais et français se sont convaincus par l'expérience que celles qui étaient mises exclusivement à la nourriture des choux, des raves, des pommes de terre, de la luzerne, etc. donnaient également un lait inférieur à celui des vaches qui paissaient dans les prairies ou les bois. (*Bosc.*)

(2) Chaque jour, le lait de la même vache varie dans la nature et les proportions de ses composés, selon l'état de sa santé, de l'atmosphère et les espèces de plantes dont elle s'est nourrie. Les fromagers des Alpes ont sur cela une expérience très-rigoureuse. Il est donc vrai que le fromage doit varier également ; mais il suffit d'avoir vu opérer des fromagers (fromages cuits, tels que ceux de Gruyère, de Parme, de Hollande, de Chester, etc.) ou des ménagères (fro-

Il faut donc alors en revenir au parfum des pâturages ; il faut donc admettre que la fermentation parvient à ressaisir, à remonter dans le caillé certains principes odorans qu'ils avaient empruntés des plantes, et que la digestion animale n'avait point anéantis. Voyons maintenant où est le point de contact avec la formation des vins.

Nous dirons donc que la fermentation opère quelque chose d'analogue en eux. Mettons, en effet, hors de ligne tout raisin qui porte un caractère décidé, comme, par exemple, le muscat ; il est également certain que nous ne trouvons plus entre tous les autres que la différence qui provient du plus ou moins de douceur; les écorces et les couleurs n'y font rien. Mais puisque les vins des vignobles en réputation se distinguent imperturbablement par un bouquet local, si je puis dire ainsi, par un parfum qu'on ne saurait méconnaître, la fermentation, dirai-je, fait donc aussi ressortir du suc des raisins un esprit particulier que le gourmet le plus exercé ne distingua pourtant jamais entre les raisins de

---

mages de Marolles, de Brie, de Herve, de Mersant, etc.) pour être convaincu que la principale cause de leurs différences provient de leur manipulation et des circonstances atmosphériques qui agissent sur eux pendant toute la durée de cette manipulation : en conséquence, jamais on ne peut parvenir à faire avec le même lait, à deux jours de distance, deux fromages parfaitement identiques. Le fromage de Roquefort se fait avec du lait de brebis, et ne peut par conséquent ressembler à celui de Hollande, qui se fait avec du lait de vache. (*B.*)

ces mêmes vignobles. Tels sont les points de contact ou d'analogie qui m'ont frappé dans ces deux sortes de fermentation. Actuellement je ne vois que M. Chaptal, si riche d'observations en ce genre, qui puisse nous faire admettre une explication plus approchée de la vérité. Revenons aux fromages.

Sans le beurre il n'y aurait pas de bons fromages, sans doute; mais il faut pourtant ne le considérer en eux que comme un assaisonnement, et non comme un élément nécessaire à leur fermentation.

La gomme dont il a été question dans ce travail n'a qu'une saveur de colle : son rapprochement ne l'amène point à faire la gelée. Cependant elle appartiendra aux mucilages animaux, en cela, que l'acide muriatique oxigéné en fait une sorte de caillé, ce que ne ferait pas, par exemple, la gomme du Sénégal. J'ai oublié de voir si elle se combine avec le tannin.

Sur la nature du sucre de lait.

L'observation suivante ayant du rapport avec ces matières, j'ai cru devoir la donner ici; mais je dirai avant tout, qu'elle aurait besoin d'être vérifiée parce que je ne me suis point trouvé à même de reconnaître si quelque méprise ne m'en aurait point imposé. Voici le fait :

J'ai trouvé, par exemple, que du petit-lait clarifié et évaporé jusqu'à un certain point, puis soumis à la fermentation ou à l'aigrissement dont il me parut susceptible, rendit, à la fin, tout autant de sucre de lait que celui qui était frais : d'où je présumai que ce pouvait être la partie fromageuse seulement qui avait changé

d'état, et non celle qui constitue l'espèce de sucre dont nous parlons.

Serait-ce donc à une fermentation de ce genre qu'il faudrait rapporter l'eau-de-vie du lait de jument, le *koumis* des Tartares? J'ai toujours été frappé de l'odeur et de la saveur vineuse qui font rechercher à bien des gens le lait qui suit l'extraction du beurre, et qu'on appelle pour cela *lait de beurre*. Sans la chaleur on n'y réussirait pas, et il y a là une fermentation, je crois. Tout ceci me ramène, je ne sais comment, aux patates. En réfléchissant de nouveau sur l'énorme quantité d'amidon qu'elles offrent à leur fermentation, et, d'un autre côté, sur l'infiniment peu d'alcool qu'on en tire, je rentre, comme malgré moi, dans les doutes que j'avais émis ailleurs sur l'alcoolisation de l'amidon. Cet alcool, en effet, est-il bien démontré qu'il soit le résultat de sa fermentation? Si cela est, pourquoi, dans les deux circonstances où nous l'entourons de tous les fermens possibles, comme dans le travail de l'amidonnier et celui de la bière, son eau-de-vie est-elle un produit si rare, ou tout au moins si exigu?

J'admettrai cette métamorphose de l'amidon en alcool, mais ce sera lorsqu'on aura effectivement réussi à l'obtenir de mélanges très-simples où l'on puisse, à l'imitation de Lavoisier, apprécier l'influence respective du corps à fermenter et du ferment auxiliaire; où l'on pourra se rendre raison du changement des matières, saisir leurs débris, et reproduire enfin ou s'approcher de très-près de l'équation qui en rendra le fait incontestable; et ce travail ne sera point, je crois, de trop en chimie.

Lettre *de M.* Dumont, *ex-professeur des sciences physiques, à M. le Comte* Chaptal, *sur des expériences faites dans le but de connaître l'action du gaz acide carbonique sur les fruits.*

Paris, 15 janvier 1819.

« J'ai mis, dans des vaisseaux de verre blanc, des guignes ou cerises douces, des cerises dites *anglaises*, des cerises aigres, des bigarreaux ; j'ai rempli les vases de gaz acide carbonique retiré du carbonate de chaux par l'acide sulfurique. Mes vases étaient bouchés avec des bouchons de liége mal ajustés ; je les ai déposés à la cave. Au bout de quinze jours, la couleur et le goût des fruits n'étaient pas sensiblement altérés. A partir à-peu-près de cette époque, il se déposa une liqueur au fond des vases. La quantité en augmentait sensiblement ; la couleur et le goût des fruits s'altéraient. Au bout de six semaines, en respirant à l'ouverture des vases débouchés, on sentait une forte odeur alcoolique. Les cerises aigres, entièrement décolorées, ressemblaient, par la fermeté de la chair, par son adhérence aux noyaux et par la saveur, à des cerises infusées dans l'eau-de-vie. Plusieurs personnes qui en ont goûté, et qui ignoraient la manière dont elles avaient été traitées, sont restées persuadées que c'étaient des cerises à l'eau-de-vie : elles s'étaient conservées entières.

» Les bigarreaux, suivant leur degré de maturité, ont éprouvé des changemens divers ; les uns sont restés entiers, les autres se sont mis en marmelade. J'ai distillé

11 livres de ces bigarreaux ; j'ai obtenu environ 6 onces d'alcool à 25 degrés, bonne qualité. Je n'ai pas distillé les autres fruits.

» J'ai traité de la même manière des raisins chasselas, les uns peu mûrs, les autres à leur point ; les uns des environs de Paris, les autres de Fontainebleau. Mes vases en verre blanc étaient fermés avec une vessie mouillée et bien ficelée ; je les ai gardés dans ma chambre. Le premier jour, la vessie s'enfonçait en forme d'entonnoir, ensuite elle se relevait, se gonflait et se tendait fortement. Un des vases a produit une explosion extrêmement forte et s'est réduit en poudre. Averti par cet accident, j'ai donné un coup d'épingle aux autres vessies : le gaz s'est dégagé avec sifflement.

» L'altération dans le goût des raisins a commencé après une vingtaine de jours. Quelques grains ont perdu leur transparence et pris un coup-d'œil opaque. Enfin, pour résultat, ils étaient devenus plus durs et avaient contracté le goût alcoolique ; les raisins de Fontainebleau moins que les autres.

» Le 29 octobre dernier, j'ai coupé par quartiers 4 liv. 12 onc. de poires à cuire, dites *catiya* ; je les ai traitées de même, le vase, fermé d'une vessie, gardé dans ma chambre. Peu à peu il s'est ramassé au fond du vase beaucoup de liqueur. La masse s'affaissait. Je les ai distillées le 6 janvier 1819, en les plaçant sur une grille au fond de l'alambic ; j'ai ajouté de l'eau, j'ai retiré environ 4 onc. d'alcool à 19 degrés, dont ci-joint un échantillon.

» Même date ; 3 liv. 15 onc. de pommes *châtaigniers* coupées par quartiers, traitées de même, ne donnent

point de liqueur : en les mâchant, on ne trouve pas le goût alcoolique.

» Le 5 octobre dernier, ayant reçu, du département de l'Indre, des châtaignes dites *pointues*, j'en préparai deux vases. Environ quinze jours après, je donnai celles d'un vase à des personnes qui, ayant enlevé la peau, les firent cuire à l'eau. J'en goûtai étant chaudes ; elles avaient un petit goût alcoolique qui ne les rendait pas agréables : froides, elles étaient meilleures.

» J'en ai fait cuire sous la braise quelques-unes prises dans l'autre vase, à la surface; elles se sont parfaitement conservées, ont un goût de noisette. Mangées crues, elles ont la même saveur. Ci-joint un échantillon.

» Une autre partie de ces mêmes châtaignes qui n'ont point été placées dans le gaz s'est très-promptement gâtée. »

LETTRE *de M.* Mathieu Dombasle *à M.* Gay-Lussac, *sur la cause du vent qu'on éprouve quelques instans avant l'ondée, dans les orages.*

Nanci, 21 janvier 1819.

« DANS le Cahier, du mois de juin 1818, des *Annales de Chimie*, vous avez inséré, dans une lettre à M. de Humboldt, des observations qui me paraissent d'un haut intérêt pour l'avancement de la météorologie. L'idée si simple de considérer un nuage dense comme un seul corps, à la surface duquel s'accumule le fluide électrique qui était répandu dans l'espace qu'il occupe, paraît jeter

le plus grand jour sur des phénomènes dont les explications données jusqu'alors ne pouvaient satisfaire l'homme qui les examinait avec attention. Cette opinion est tellement d'accord avec l'observation des faits, que je ne doute pas qu'elle ne soit l'expression de la vérité.

» Vous ne trouverez pas mauvais, j'en suis sûr, que je vous soumette quelques observations sur un paragraphe de la même lettre, dans lequel vous parlez d'un objet qui n'en forme pas le sujet principal, et dans lequel vous admettez une explication reçue assez généralement d'un phénomène qui accompagne toujours la chute de la pluie dans les orages ; je veux parler du coup de vent ou de la *bourrasque* qu'on éprouve quelques instans avant l'ondée : cette explication, qui consiste à attribuer le vent, ordinairement très-impétueux, qui se fait sentir dans cet instant, au vide produit par la condensation de la vapeur aqueuse, m'a toujours paru peu conforme à l'observation des faits. Ayant habité pendant long-temps la campagne, j'ai été à portée d'observer très-fréquemment ce phénomène avec toutes ses circonstances, et j'y ai apporté d'autant plus d'attention, que pendant long-temps je n'ai pu l'expliquer d'une manière qui me satisfît. Je vais commencer par décrire les circonstances du fait qui ne m'ont jamais présenté que peu de variations.

» Un orage s'annonce presque toujours par un abaissement plus ou moins considérable dans le baromètre ; cet abaissement commence souvent un ou deux jours auparavant, et il augmente rapidement au milieu du jour où l'orage doit avoir lieu, parce que la cause de l'abaissement, quelle qu'elle soit, ayant alors sa plus grande

intensité, coïncide avec la descente diurne du baromètre. Le vent de terre est ordinairement *sud* ou *sud-ouest* dans le département que j'habite (Meurthe). J'ai bien souvent cherché à observer, dans cette circonstance, la direction des courans supérieurs : toutes les fois que des nuages existant dans les régions élevées m'ont permis de constater cette direction, j'ai trouvé que les courans *austro-occidentaux* s'élèvent, dans ce cas, à une grande hauteur dans l'atmosphère. On remarque cependant presque toujours, dans les courans supérieurs, une différence de direction avec celui qui règne à la surface de la terre; mais cette différence s'élève rarement à 90° dans les temps orageux; le plus souvent ils forment entre eux un angle très-aigu.

» Le *maximum* de l'abaissement du mercure avant un orage a toujours lieu un instant avant l'invasion de la *bourrasque*. Au moment où le vent se manifeste, et pendant la durée de l'averse, le baromètre remonte ordinairement par un mouvement toujours très-rapide et souvent considérable (1); il descend ordinairement de

---

(1) Je me sers, pour les observations de ce genre, d'un baromètre dont le tube est très-incliné à l'horizon, de sorte que ses variations sont six fois plus considérables que celles du baromètre vertical : cet instrument est très-commode pour observer les plus petites variations. Si on en faisait un usage plus fréquent, on n'aurait jamais douté des variations diurnes du baromètre, qui s'y manifestent d'une manière très-distincte. J'ai souvent observé, avec cet instrument, des montées de 3 ou 4 lignes en quelques minutes, au moment où une pluie d'orage commence à tomber.

nouveau lorsque l'orage est passé, pour remonter ensuite si le vent général tourne vers le nord.

» La bourrasque précède l'orage de peu de minutes; elle se fait sentir, dans le plus grand nombre de cas, depuis la ligne où la pluie commence à tomber, jusqu'à une demi-lieue ou trois quarts de lieue en avant.

» Lorsque l'orage passe par le zénith du lieu de l'observation, la bourrasque affecte la même direction que le vent général de terre : après la cessation de la pluie, le vent continue pendant quelque temps à être plus rapide que le vent général, mais dans la même direction.

» Lorsque l'orage ne passe pas au-dessus du lieu de l'observation, lorsque, par exemple, celui-ci se trouve près d'une des deux limites latérales de la bande de terre arrosée par le nuage, on éprouve aussi la bourrasque quelque temps avant le passage du nuage orageux; mais alors elle ne suit pas la direction du vent général; elle paraît venir constamment du centre du terrain où tombe actuellement la pluie, de manière qu'elle forme d'abord, avec la direction du vent général, un angle fort aigu qui devient plus ouvert à mesure que le nuage continue sa marche, jusqu'à ce que, l'orage se trouvant à-peu-près *par le travers* de l'observateur, cet angle soit de 60 à 90°. Dans cet instant, la bourrasque cesse, ou plutôt prend une direction presque diamétralement opposée à celle qu'elle avait un moment auparavant, c'est-à-dire, que le vent se dirige tout-à-coup vers le centre du terrain où tombe alors la pluie : le vent continue ainsi pendant que l'orage s'éloigne, en se rapprochant graduellement de la direction du vent général, qui finit par reprendre son empire. La bourrasque précède donc l'orage, en formant

en avant de lui une espèce de panache composé de rayons divergens dont le centre est celui du terrain où tombe l'ondée. J'ai eu souvent occasion d'observer cette divergence des directions de la bourrasque, en examinant d'une hauteur les effets de ce phénomène, dans une plaine entrecoupée de plusieurs routes. L'orage arrivait derrière moi, et j'apercevais en avant, par le moyen de la poussière qui s'élevait sur les routes, l'effet progressif de la bourrasque sur toute la plaine, ainsi que ses diverses directions.

» Telles sont les circonstances de ce fait, qui ne m'ont jamais présenté que de très-légères variations, et qu'il me paraît impossible de concilier avec l'explication qu'on en donne : en effet, si le vent était causé par le vide produit par la condensation de la vapeur aqueuse, il se manifesterait, non pas au moment où le nuage se résout en pluie, mais au moment où il se forme; car, quoique nous connaissions encore très-imparfaitement cet état de l'eau atmosphérique qu'on est convenu d'appeler *vapeur vésiculaire*, et qu'on ferait peut-être mieux d'appeler *vapeur brumeuse*, afin de ne rien préjuger sur une idée théorique qui présente de grandes difficultés lorsqu'on cherche à l'approfondir, on peut croire que l'eau, dans cet état, se rapproche beaucoup, par son volume, de celui de l'eau liquide. Il est très-probable que le moment où elle éprouve la plus grande diminution de volume est celui où elle passe par l'état de vapeur élastique à celui de *brume ;* c'est donc dans ce moment, c'est-à-dire, dans celui de la formation du nuage, que devrait se produire le mouvement de l'air pour remplacer le vide qui s'y forme. Mais quand même on n'admettrait pas cette opi-

nion, comment pourrait-on concevoir que le mouvement de l'air qui se précipiterait pour remplir le vide formé dans le nuage, se manifesterait dans une direction diamétralement opposée à la route qu'il devrait suivre pour arriver au lieu où se forme le vide ? Dans ce cas, le vent devrait être *affluent* au nuage dans toutes les directions ; ce qui est le contraire de ce que l'on observe.

» Je sais bien qu'on dit que les couches d'air qui sont au-dessus du nuage orageux se précipitent par leur poids pour remplir le vide qui s'y forme, et que c'est par suite de l'impulsion qu'elles ont reçue dans leur chute, qu'elles arrivent jusqu'à terre et y causent la bourrasque ; mais cette opinion ne peut supporter le plus léger examen. On sait qu'un caractère particulier des fluides est d'exercer leur pression dans toutes les directions : si on suppose qu'un volume quelconque d'air soit tout-à-coup anéanti dans l'atmosphère, ce ne sera pas seulement la colonne supérieure qui s'abaissera pour venir remplir le vide ; mais l'air s'y précipitera dans toutes les directions ; il se produira au centre du vide un choc qui sera probablement accompagné d'un bruit semblable à une forte détonnation ; l'élasticité de l'air donnera lieu aussi à quelques autres phénomènes que je n'examine pas ici ; mais après le choc, je ne vois aucune raison de croire que l'air conservera une impulsion dans une direction plutôt que dans une autre.

» D'ailleurs, si les couches atmosphériques qui sont au-dessus du nuage orageux se précipitaient sur lui avec une impulsion capable de comprimer les couches inférieures jusqu'à la surface du sol, il est évident qu'il existerait, dans toute l'étendue du nuage, un courant vertical ou

presque vertical, bien plus impétueux encore que celui qu'on éprouve sur la terre : ce courant entraînerait avec lui le nuage tout entier vers la surface du sol, et le disperserait dans un instant. Lorsqu'on observe de profil un nuage orageux qui verse des torrens de pluie par sa surface inférieure, il est évident qu'il ne se passe rien de semblable : on remarque que ses contours supérieurs et latéraux sont arrondis en masses régulières, et dont les formes subsistent pendant fort long-temps; on voit que tout le nuage est mu par un courant horizontal régulier, souvent assez faible, dans lequel il est en parfait équilibre. La marche majestueuse et calme de cette masse vaporeuse, dont le moindre souffle irrégulier altérerait les formes, présente le contraste le plus frappant avec la tourmente qui règne au-dessous de lui à la surface de la terre. Il demeure évident pour l'observateur que l'ouragan ne s'élève pas à une grande hauteur au-dessus du sol.

» Il me semble qu'on peut donner de tous ces phénomènes une explication très-simple, et sans admettre quoi que ce soit d'hypothétique. On sait que l'eau, dans sa chute libre, entraine avec elle une quantité considérable de l'air qu'elle traverse; on trouve un des exemples les plus frappans de ce fait dans les *trompes* qui remplacent les soufflets dans quelques fourneaux destinés à la fonte des minerais. Je ne crois pas que, dans ce cas, l'eau se combine avec l'air, comme on l'a dit, pour l'abandonner après la chute; il me semble plus probable que l'eau agit ici par pression, comme tout autre corps grave, sur la couche d'air qui se trouve au-dessous d'elle : en effet, ce phénomène n'est pas particulier à l'eau. Si on

fait tomber, de quelque hauteur, du sable ou du froment sur une surface couverte de poussière, on aperçoit, autour du lieu de la chute, l'effet du mouvement de l'air, par l'impulsion qu'il donne à la poussière. Il paraît donc que cet effet est très-général; mais il n'est pas impossible que l'eau agisse, dans ce cas, avec plus de puissance que d'autres corps, par l'effet d'une affinité particulière avec l'air; l'extrême intensité de l'action des *trompes* me donne lieu de croire que cette opinion est fondée : dans cette supposition, l'eau devra exercer cette puissance avec d'autant plus de force qu'elle est plus divisée, pourvu toutefois qu'elle ne le soit pas assez pour que la résistance de l'air s'oppose trop fortement à l'accélération du mouvement qui est l'effet naturel de la chute. Quoi qu'il en soit, l'effet en lui-même est constant, et il est impossible qu'une averse composée de gouttes d'eau grosses et rapprochées, comme elles le sont, principalement dans les pluies d'orage, ne produise pas un effet de la même nature. L'air que l'eau entraîne dans sa chute arrivant sur le sol dans la même direction que suit la pluie, par l'effet du vent général, c'est-à-dire, dans une direction inclinée à l'horizon, ne peut s'échapper qu'en avant, et là, on conçoit très-bien qu'il doit former, en s'échappant, le panache de rayons divergens qu'on observe. Ce mouvement a lieu principalement dans les couches les plus basses de l'air, parce que c'est là que la vitesse de l'eau, dans sa chute, est plus considérable, d'abord, par l'effet de la loi générale de la chute des corps pesans, et probablement aussi parce que les gouttes d'eau, en se réunissant à mesure qu'elles approchent de la terre, éprouvent beaucoup moins l'effet de la résistance de l'air.

d'après mon opinion, de distinguer soigneusement, il en résulte, au-dessus du sol ombragé, un vide que vient remplir l'air environnant : le vent général devra donc se faire sentir plus faiblement en avant du lieu ombragé par le nuage, puisque là, le vide produit derrière lui tend à le faire rétrograder : sous le nuage, au contraire, et surtout derrière lui, le vent général éprouvera une accélération très-sensible. C'est aussi exactement ce qu'on observe. Ces effets n'ont donc aucune relation, sous le rapport de la cause qui les produit, avec ceux du premier phénomène, quoiqu'en les examinant superficiellement, il puisse sembler qu'ils ne diffèrent que par plus ou moins d'intensité. Il suffit, pour les distinguer parfaitement, de remarquer que le dernier n'est produit que pendant le jour, et principalement lorsque le soleil est fort élevé sur l'horizon ; tandis que le premier s'observe pendant la nuit comme pendant le jour.

» On remarque souvent aussi la chute d'une pluie plus ou moins abondante, après qu'un vent violent du sud ou du sud-ouest a régné pendant plusieurs heures, ou même pendant plusieurs jours. Ici, je crois que la pluie est plutôt l'effet que la cause du vent ; ce fait n'a rien de commun pour la cause qu'il produit avec la bourrasque d'un orage, qui est essentiellement locale et très-passagère, et que d'ailleurs un observateur attentif peut facilement en distinguer par les circonstances qui l'accompagnent. »

MÉMOIRE

Sur les Rotations que certaines substances impriment aux axes de polarisation des rayons lumineux.

PAR M. BIOT.

(2me et dernier extrait.)

DANS la première partie de ce Mémoire, j'ai déterminé, par l'expérience, les lois suivant lesquelles les plans de polarisation des différens rayons simples tournent dans le cristal de roche; j'ai expliqué comment, à l'aide de ces lois, on pouvait calculer les teintes, soit ordinaires, soit extraordinaires, que présentent les plaques de ce cristal, d'épaisseurs diverses, lorsqu'on les fait traverser dans le sens ou très-près de leur axe, par des rayons préalablement polarisés en un seul sens. Maintenant, comme des phénomènes analogues s'observent dans beaucoup d'autres substances solides et fluides, il devient nécessaire d'examiner si la loi des rotations que les rayons y subissent est la même que dans le cristal de roche, ou si elle y est différente; c'est ce que j'ai fait, et j'ai d'abord étudié, sous ce point de vue, l'essence de térébenthine liquide.

Conformément à la marche que j'avais suivie pour le cristal de roche, j'ai commencé par chercher l'arc de rotation d'une même espèce de rayon simple, à travers des épaisseurs diverses. J'ai choisi pour type l'espèce de lumière rouge qui se transmet à travers le même verre rouge dont j'avais fait usage dans les expériences précé-

dentes. Puis, ayant rempli d'essence des tubes de cuivre de longueur diverse, étamés intérieurement, et terminés à leurs deux extrémités par des bouchons de glace, j'ai observé la rotation du même rayon rouge à travers ces colonnes liquides, comme je l'avais fait à travers les plaques de cristal de roche. J'ai trouvé ainsi que l'arc de rotation était pareillement proportionnel à l'épaisseur. Sa valeur, pour une épaisseur d'un centimètre, était 2°,7057 : or, dans le cristal de roche, la rotation de la même espèce de rayons, pour un centimètre, est 184°,14, d'après les résultats que j'ai rapportés plus haut. La vitesse de rotation des rayons rouges est donc plus faible dans l'essence que dans le cristal, suivant le rapport de ces nombres, ou comme 1 est à 68,55 pour des longueurs égales. Si l'on voulait établir la comparaison pour des masses égales, ce rapport deviendrait celui de 1 à 22,85, parce que la densité du cristal de roche est presque exactement triple de celle de l'essence de térébenthine. Ces évaluations se rapportent à l'essence, telle qu'on la trouve ordinairement dans le commerce. La vitesse de rotation varie un peu avec le degré de pureté de cette substance, comme on devait naturellement s'y attendre, puisqu'il s'agit d'une faculté propre à ses seules particules.

Maintenant si, dans une même quantité d'essence, on étudie la loi des teintes successives que présentent les images ordinaires et extraordinaires formées par la lumière blanche, transmise, soit à travers des épaisseurs diverses, la position du prisme cristallisé restant constante, soit à travers une épaisseur constante en tournant le prisme cristallisé, on reconnaît qu'ici, comme dans

le cristal de roche, les axes de polarisation de tous les rayons simples tournent avec des vitesses inégales, croissantes avec la réfrangibilité, mais qui sont toujours dirigés dans un même sens, de la droite vers la gauche de l'observateur.

Pour trouver le rapport de ces vitesses relativement aux différens rayons simples, on pourrait employer la méthode d'observation dont nous avons fait usage pour le cristal de roche; mais, sans répéter cette épreuve, on peut s'assurer que la même relation des vitesses est commune à ces deux substances. En effet, on pourrait considérer d'abord que la rotation, dans le cristal de roche, s'étant trouvée réciproque aux carrés des longueurs des accès des divers rayons simples, cette loi se présente comme une propriété des rayons mêmes, et non comme un résultat dépendant de la nature des corps qui agissent sur eux. On doit donc s'attendre, d'après cette remarque, que la même loi subsistera dans toutes les substances, comme on y voit se maintenir les rapports des accès mêmes, dont la seule longueur absolue varie. Mais on peut confirmer cette induction par deux épreuves décisives, dont la première est qu'une épaisseur donnée d'essence de térébenthine produit exactement les mêmes teintes, soit ordinaires, soit extraordinaires, que produirait une plaque de cristal de roche perpendiculaire à l'axe et soixante-dix fois moins épaisse, en conservant pour l'une et l'autre la même position du prisme cristallisé; ce qui n'aurait pas lieu si la rotation des rayons simples de couleurs diverses se faisait suivant des rapports différens dans les deux substances; et la seconde preuve est que chaque longueur donnée d'essence de téré-

benthine peut être compensée par une plaque de cristal de roche soixante-dix fois moins épaisse et à rotation opposée, de manière que tous les rayons simples, qui composent le rayon blanc transmis à travers le système, se trouvent ramenés à-la-fois à leur direction primitive et commune de polarisation. J'ai rapporté, dans mon Mémoire, un grand nombre d'expériences qui ne laissent aucun doute sur ces deux résultats. L'identité des lois de rotation, dans le cristal de roche et l'essence de térébenthine, en est une conséquence nécessaire; car, si ces lois étaient différentes, l'opposition ou la continuité des rotations opérées successivement dans des plaques superposées de ces deux substances, altérerait l'arrangement relatif des axes de polarisation des faisceaux homogènes; et ainsi, lorsqu'ils se réfracteraient ensuite dans le prisme cristallisé, ils ne pourraient plus y donner les teintes qui conviennent seulement au système de rotation primitif, établi plus haut pour le cristal seul.

Par des épreuves absolument pareilles appliquées à des dissolutions très-concentrées de sucre de canne, je me suis assuré que la loi des rotations y est encore la même, quoique le sens des rotations soit opposé à celui que produit l'essence de térébenthine. C'est ainsi que, dans le cristal de roche, la loi est la même pour les plaques qui exercent des rotations opposées. Une fois, l'uniformité de la rotation prouvée pour les dissolutions de sucre, une seule observation a suffi pour déterminer la vitesse de rotation absolue dans chacune d'elles; et de là, j'ai pu déduire par le calcul, soit les teintes qu'elle devait donner à des épaisseurs diverses, soit les épaisseurs qu'il fallait lui donner pour compenser des

plaques de cristal de roche ou des colonnes d'essence de térébenthine, dont les épaisseurs ou les longueurs étaient connues.

J'ai trouvé la même constance dans les lois de rotation pour l'huile essentielle de citron, les dissolutions alcooliques de camphre, et, en général, dans toutes les autres substances que j'ai pu jusqu'ici éprouver. Maintenant, si des lois de ces phénomènes nous essayons de nous élever vers la connaissance des forces qui les produisent, nous y découvrons plusieurs particularités saillantes qui semblent indiquer avec une vraisemblance extrême qu'ils sont produits par une faculté inhérente aux particules mêmes de certains corps. En effet, lorsqu'on les observe dans des corps solides, on ne les y peut voir qu'en transmettant les rayons dans des directions pour lesquelles les forces dépendantes de l'état d'aggrégation deviennent nulles ou très-faibles. Nous les retrouvons encore dans des fluides, c'est-à-dire, dans des corps dont les particules sont libres et indépendantes les unes des autres; ils y subsistent même, sans altération, quand on change l'ordre et la juxta-position de ces particules en les agitant; enfin, dans ce dernier cas, comme dans tous les autres, la rotation imprimée aux axes des rayons est proportionnelle à l'épaisseur, par conséquent au nombre des particules; tout cela semble bien évidemment indiquer un pouvoir appartenant aux particules mêmes; mais, pour mettre cette conclusion tout-à-fait hors de doute, j'ai fait les expériences suivantes :

J'ai d'abord cherché si les teintes produites par une épaisseur donnée d'essence de térébenthine, changeraient quand on rendrait les particules plus ou moins distantes.

Des différences de température étendues depuis 10° au-dessous de zéro jusqu'à plus de 100° au-dessus, ne m'ont pas paru y apporter de modifications appréciables ; mais, de pareilles dilatations étant encore bien faibles, j'ai étendu l'essence en la mêlant avec des huiles grasses qui, comme on sait, se combinent très-bien avec elle, et qui en outre n'exercent sur la lumière aucun pouvoir de rotation (1). Or, quoique j'aie employé ainsi des proportions d'essence de térébenthine très-diverses, telles que 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, les teintes sont encore restées les mêmes pour la même masse de ce fluide, lorsqu'elle a été ainsi répartie sur une plus grande longueur; et les rotations, pour une même longueur du mélange, se sont trouvé proportionnelles au nombre des particules d'essence qu'elle contenait. Pour donner toute la rigueur possible à cette épreuve, j'ai pris deux tubes de même calibre, mais de longueur inégale, l'un ayant 163^{mm},5, l'autre 338^{mm},5 ; tous deux étaient terminés par des bouchons de glace. Après avoir constaté l'égalité de leur calibre, j'ai rempli le plus court d'essence de térébenthine, je l'ai vidé dans le plus long, et j'ai achevé de remplir celui-ci avec de l'éther sulfurique bien rectifié, qui, dans cet état, se mêle parfaitement avec l'essence, et qui n'a, non plus que l'huile grasse, aucun pouvoir propre de rotation sensible, dans ces longueurs. J'ai ensuite rempli de nouveau le tube court avec une autre quantité de la même essence, de sorte que j'avais ainsi,

(1) On m'a assuré que, pour obtenir ces huiles dans un état parfait de limpidité et de blancheur, il suffisait de les tenir long-temps exposées à l'air et à la lumière, qui, à la longue, les décolorent complètement.

dans tous deux, un nombre égal de particules d'essence de térébenthine, avec la seule différence que, dans l'un, ces particules étaient à leur distance naturelle; au lieu que, dans l'autre, elles étaient amenées à des distances plus que doubles, par l'interposition de l'éther. Ces dispositions faites, j'ai exposé les deux tubes, l'un à côté de l'autre, à la lumière polarisée, en les fixant sur deux appareils semblables, de manière à pouvoir observer simultanément leurs teintes; mais, quelque soin que j'aie mis à cette comparaison, je n'ai pas pu découvrir entre elles la moindre différence dans aucune position du prisme cristallisé, quoique les variations de nuances produites par le mouvement de ce prisme fussent très-nombreuses et très-délicates dans les longueurs particulières que j'avais choisies.

On trouve encore une preuve du même genre dans les compensations de rotations que l'on peut produire par le mélange de fluides à rotations opposées. Dès mes premières recherches, j'avais ainsi compensé l'essence de térébenthine, en la mêlant à chaud avec une dissolution alcoolique de camphre, en proportion réciproque aux intensités des deux actions. J'ai obtenu depuis le même résultat par le mélange de l'huile essentielle de citron avec celle de térébenthine. Ayant pris un tube terminé par des bouchons de glace, je l'ai successivement rempli de ces deux liquides; et, en les exposant tour-à-tour à un rayon polarisé, j'ai déterminé les intensités de leurs actions: elles étaient entre elles comme 66 à 38, l'essence de citron étant la plus forte. Aussi en mêlant des volumes de ces deux substances en proportion inverse, c'est-à-dire, 38 d'essence de citron avec 66 d'essence de térébenthine,

la compensation s'est trouvée parfaite; toute la lumière transmise à travers ce système s'est trouvée complètement ramenée à sa polarisation primitive en un seul sens, après l'avoir traversé.

Ces expériences achevant de prouver que la faculté de faire tourner les axes de polarisation appartient aux particules mêmes des substances qui en jouissent, j'ai voulu savoir si elles la conserveraient encore dans les combinaisons chimiques où l'on pourrait les engager. J'ai choisi, pour cette épreuve, la combinaison solide que l'essence de térébenthine forme avec l'acide hydrochlorique. Cette combinaison a été nommée *camphre artificiel*, parce qu'elle a en effet plusieurs des propriétés extérieures du camphre naturel, par exemple, la constitution granuleuse, la blancheur, l'odeur et la faculté de se dissoudre dans l'alcool. M. Thenard a depuis long-temps émis l'opinion que les élémens de l'essence de térébenthine ne sont point désunis dans ce produit, qu'ils y sont encore au même état de combinaison qui constitue l'essence, et que cette essence seule s'y trouve combinée avec l'acide (1). Cette opinion a été fortement confirmée par une analyse très-soignée que M. Houtou-Labillardière a faite de l'essence de térébenthine et du camphre artificiel; car il a retrouvé, dans ce produit, les proportions précises de charbon et d'hydrogène qui constituent l'essence, plus une certaine proportion d'acide hydrochlorique qu'il a déterminée (2). L'observation du pouvoir de rotation offrait ici une épreuve déci-

(1) *Mémoires d'Arcueil*, tome II.

(2) *Journal de Pharmacie*, janvier 1818.

sive ; car l'essence de térébenthine seule fait, comme nous l'avons vu, tourner les axes de polarisation de droite à gauche ; et l'acide hydrochlorique ne produit sur eux aucun effet. En conséquence, M. Houtou-Labillardière a bien voulu me préparer une quantité considérable de camphre artificiel très-pur, et privé autant que possible de tout acide libre ; nous avons dissous ce produit dans l'alcool, qui par lui-même ne possède aucun pouvoir de rotation, et nous avons rempli de la dissolution un tube de 1357 millimètres de longueur, terminé par des bouchons de glace. Alors nous avons transmis, dans toute cette longueur, un rayon primitivement polarisé en un seul sens ; et, en analysant ce rayon après son émergence, nous avons trouvé qu'en effet la dissolution agissait sur les axes de polarisation de ses particules, et qu'elle les faisait tourner de droite à gauche, par conséquent dans le même sens que l'essence de térébenthine liquide. Nous avons mesuré l'arc de rotation parcouru ainsi par l'espèce particulière de lumière rouge qui se transmet à travers le même verre dont j'ai parlé dans les précédentes expériences, et nous avons trouvé cet arc de 24°. Or, maintenant, si l'on calcule le poids d'essence de térébenthine contenue dans la dissolution, en partant de l'analyse faite antérieurement par M. Houtou-Labillardière, et tenant compte de la densité de cette dissolution, ainsi que de la proportion d'alcool qui y était contenue, on trouve que la rotation observée à travers le verre rouge, sur la longueur employée de 1357 millimètres, aurait dû être de 26°.36′, au lieu de 24° qu'avait donné l'expérience ; ce qui est une différence assez petite pour

qu'on puisse l'attribuer en très-grande partie aux erreurs réunies de l'analyse chimique et à celles de l'observation. Comme ce calcul peut être utile pour d'autres expériences pareilles, et qu'il aura en outre l'avantage de montrer le nombre et la nature des données chimiques sur lesquelles le résultat repose, j'en ai rapporté les détails dans mon Mémoire.

Pour suivre les effets de cette constance d'action, j'ai soumis le camphre artificiel à une autre épreuve; je l'ai dissous dans l'essence de térébenthine même, dans la proportion de 20 grammes sur 100 de ce liquide. L'action du système s'est trouvé sensiblement la même que si l'essence de térébenthine eût été pure; ce qui montre qu'en se dissolvant dans ce liquide, le camphre artificiel, et par conséquent l'essence combinée qui en fait partie, conservait toujours son pouvoir. J'ai ensuite dissous, dans la même espèce de térébenthine, le camphre naturel en proportion pareille, c'est-à-dire, 20 gram. sur 100 gram. d'essence; mais alors le résultat a été bien différent; car le pouvoir de ce camphre étant opposé à celui de l'essence de térébenthine, comme je l'ai depuis long-temps observé, son introduction dans ce liquide a diminué considérablement la rotation qu'il produisait; et cette diminution s'est manifestée, tant sur la mesure directe de l'arc de rotation à travers le verre rouge, que sur l'espèce même des teintes composées, qui paraissaient à une épaisseur donnée du système lorsque la lumière transmise était blanche.

Pour achever ces épreuves, il ne me restait plus qu'à essayer si le pouvoir de rotation, propre à l'essence de térébenthine liquide, se conserverait encore quand elle

serait réduite à l'état de vapeur. Ce résultat, quel qu'il fût, offrait une conséquence utile; car, ou la térébenthine en vapeur perdait son pouvoir, et alors il en résultait que les particules d'un liquide changent de forme en devenant vapeur; ou bien elle le conservait, et alors il en résultait démonstrativement que cette propriété appartient en effet à ses particules, et, de plus que celles-ci ne changent point de forme en se vaporisant. Mais, par cela même que la rotation imprimée à un rayon lumineux par une substance est proportionnelle au nombre des particules de cette substance qui agissent, on conçoit qu'il fallait employer une grande longueur de vapeur pour produire des effets appréciables; en conséquence, les appareils nécessaires pour cette expérience devenaient nécessairement compliqués et dispendieux. Le Ministre de l'Intérieur, M. Lainé, qui déjà m'avait bien voulu donner d'autres preuves d'intérêt pour les sciences, me fournit les moyens de lever ces difficultés; et, grâce à sa bienveillance, je me trouvai, au milieu de l'été dernier, en état d'effectuer l'observation.

Mon appareil, établi dans une ancienne église qui sert aujourd'hui d'orangerie à la Chambre des Pairs, consistait en un double système de tuyaux de fer-blanc terminés par des bouchons de glace, et s'enveloppant l'un l'autre concentriquement sur une longueur de 30 mètres. Une chaudière, établie à l'une des extrémités de cette ligne, sur un fourneau de brique, et remplie en partie d'essence de térébenthine, était destinée à fournir la vapeur à travers laquelle on devait observer. Mais cette vapeur, si elle eût été introduite d'abord dans un tube exposé à l'air libre, s'y serait refroidie et précipitée : tel était

l'objet de la seconde enveloppe. La vapeur de l'essence y devait circuler d'abord ; et pour connaître sa température, on avait fixé dans son intérieur, à l'extrémité la plus distante de la chaudière, plusieurs thermomètres dont les échelles seules sortaient au-dehors. Quand ces thermomètres indiquaient une température suffisamment haute, un robinet placé à cette extrémité éloignée ouvrait une communication entre l'enveloppe extérieure et le tuyau intérieur ; de sorte que la vapeur, étant entraînée ainsi dans le tuyau avec la plus basse température qu'elle pût avoir dans tout le système, elle ne pouvait, en s'y répandant, que s'y dilater par l'accroissement de sa température, mais nullement s'y précipiter et retourner à l'état liquide. Il n'en était pas ainsi du tube extérieur. Celui-ci étant exposé nu au contact de l'air, une portion de la vapeur qu'on y faisait circuler se condensait et se précipitait en liquide, auquel il fallait donner une issue, sans quoi tout le tube se serait bientôt rempli. C'est à quoi l'on était parvenu très-simplement, et avec la moindre perte possible de chaleur, en donnant au système des tuyaux une légère inclinaison à l'horizon, de manière que la partie la plus basse se trouvât du côté de la chaudière. Alors, le liquide formé par précipitation retournait de lui-même dans la chaudière, avec une très-grande portion de sa chaleur acquise ; de sorte que la chaudière n'avait nullement besoin d'être alimentée par de nouveau liquide, et pouvait être entretenue avec très-peu de combustible dans un état permanent d'ébullition. Des tubes recourbés, placés de distance en distance, étaient destinés à laisser échapper la vapeur sous une pression de quelques centi-

mètres d'eau, et servaient ainsi de soupape de sûreté. Enfin, un autre tube plus gros, plongé dans une cuve d'eau par son orifice inférieur, et fermé par un robinet, était destiné à l'absorption de la vapeur que l'on jugerait à propos de détruire si elle devenait trop abondante. Ces dispositions faites, l'expérience fut tentée; mais elle le fut d'abord deux fois sans succès, quoique sans aucun inconvénient grave. La portion inférieure du tuyau d'enveloppe, recevant le liquide produit par la précipitation de la vapeur, s'échauffait plus fortement que la supérieure exposée à la vapeur seule; de là, une dilatation inégale qui faisait courber la colonne comme les lames compensatrices d'un chronomètre; et cette courbure empêchait le rayon lumineux de se transmettre à travers le tube intérieur. On essaya ainsi de chauffer la colonne entière de 30 mètres; puis on la coupa au milieu, et on en chauffa seulement une moitié, sans pouvoir éviter sa torsion. Enfin, dans une troisième épreuve, on parvint à maintenir cette moitié en l'assujettissant de distance en distance sur ses appuis, par des cordes chargées de poids, qui tendaient à la fixer dans une direction rectiligne sans l'empêcher de s'allonger. D'ailleurs, l'inégalité de température des deux faces supérieure et inférieure du tuyau, qui d'abord était très-considérable, diminua à mesure que la circulation de la vapeur commença à être régulièrement établie; et, par l'effet de ces diverses circonstances, la vision à travers le tube intérieur ne fut pas interrompue un seul instant.

Avant d'allumer le feu, et lorsque tout l'appareil était encore dans son immobilité première, j'avais placé à l'une des extrémités de la colonne, du côté de la chau-

dière, un miroir de verre non étamé, noirci à sa surface postérieure, et dont le plan était presque vertical. La direction de ce plan avait été tournée de telle sorte, que le miroir renvoyait dans l'axe du tube la lumière d'une lampe à courant d'air, et l'y renvoyait complètement polarisée en un seul sens. J'étais parvenu à le placer ainsi par quelques essais que les personnes habituées à ce genre d'expériences concevront facilement. Devant l'autre extrémité de la colonne, et sur un support fixe, indépendant d'elle, j'avais placé un cercle divisé dont le plan était perpendiculaire à sa direction, par conséquent presque vertical; et, sur ce cercle, une alidade mobile portait un prisme de spath d'Irlande achromatisé, dont la section principale pouvait ainsi tourner autour du rayon transmis, et être successivement amenée dans toutes les directions possibles, autour du plan de polarisation primitif du rayon transmis à travers le tube. Avant de commencer l'expérience, et lorsque le tube intérieur n'était rempli que d'air, je déterminai soigneusement la position qu'il fallait donner au prisme cristallisé, pour que la lumière transmise à travers le tube se réfractât toute entière ordinairement, de sorte que l'image extraordinaire fût entièrement nulle; et, pour plus de sûreté, je fixai le prisme invariablement dans cette position. Ces dispositions terminées, le feu fut allumé sous la chaudière, et bientôt la vapeur commença à circuler dans l'espace qui servait d'enveloppe au tube intérieur.

Lorsque le thermomètre le plus éloigné de la chaudière marqua 100° centésimaux, j'ouvris la communication établie en cette partie, entre le tuyau extérieur qui servait d'enveloppe et le tuyau intérieur terminé par des

glaces, à travers lequel se transmettait le rayon polarisé. J'ouvris en même temps un autre robinet situé à l'extrémité opposée de ce même tube intérieur, et communiquant au-dehors, afin de laisser échapper par cette ouverture l'air que le tube renfermait, et qui se trouvait chassé par le courant de vapeur. La vapeur, entrant ainsi dans le tube intérieur par sa partie la plus froide, et en sortant par sa partie la plus chaude, ne pouvait jamais s'y précipiter en liquide, ni même former aucun nuage qui pût altérer sa transparence. D'ailleurs, les bouts du tube étaient terminés par de doubles fonds de glace, entre lesquels circulait un courant d'air chaud; ce qui maintenait les surfaces des glaces, du côté de la vapeur, à une température assez haute pour qu'elles ne se chargeassent point de gouttes liquides, comme elles l'auraient fait infailliblement si leur autre surface eût été immédiatement exposée au contact de l'air extérieur. Aussi, à l'aide de ces précautions, la transparence ne fut pas un moment troublée; et l'on put se tenir assuré de saisir la première apparition d'une image extraordinaire. En effet, à mesure que la vapeur commença à se répandre dans le tube intérieur, et à y prendre la place de l'air ordinaire, le rayon lumineux transmis, qui d'abord était parfaitement polarisé en un sens unique, commença à donner quelques faibles traces d'une seconde image. Cette image, comme celles que le pouvoir de rotation produit dans le cristal de roche, la térébenthine, le sirop de sucre, etc., fut d'abord d'un bleu sombre et à peine sensible. Mais, à mesure que la vapeur devint plus abondante dans le tube intérieur, tant par l'expulsion de l'air que par l'élévation toujours croissante de la tempé-

rature, la teinte de cette nouvelle image devint plus prononcée et plus abondante en lumière. Enfin, elle devint tout aussi forte et distincte qu'à travers un liquide même. Pour constater son existence d'une manière indubitable, avant de toucher au prisme cristallisé, j'appelai deux personnes qui m'assistaient, dont l'une était M. Obeliane, préparateur de physique à la Faculté des Sciences, et l'autre, M. Blanc, un de mes élèves, jeune homme aussi zélé qu'instruit. Ils l'observèrent tous deux, et reconnurent, comme moi, que sa teinte était un bleu légèrement verdâtre; tandis que celle de l'image ordinaire, qui d'abord était blanche, s'était changée en un rouge jaunâtre. Cette seule apparition d'une double image, ainsi colorée, décidait la question pour laquelle l'expérience était faite, et montrait que le pouvoir de rotation qui existe dans l'essence de térébenthine liquide, subsiste encore quand cette essence passe à l'état de vapeur; car, dans un fluide élastique où il ne peut exister aucune force dépendante d'un mode d'aggrégation fixe, le pouvoir de rotation seul, qui est propre aux particules mêmes, peut produire des doubles images. De là, il suit encore, que les particules de l'essence de térébenthine ne changent point de constitution ni de forme en devenant vapeurs, puisqu'elles conservent cette même faculté individuelle qu'elles possédaient dans l'état liquide, et qui, ne cessant pas de leur appartenir dans les combinaisons chimiques où on les engage, se montre ainsi inhérente à leur constitution même. Toutefois, pour vérifier cette identité par une épreuve peut-être surabondante, mais qui se présentait d'elle-même, j'allais tourner le prisme cristallisé de droite à gauche, afin de

vérifier l'identité du sens de la rotation, lorsque tout-à-coup une explosion a eu lieu, par quelque cause que j'ignore, et malgré toutes les précautions qu'on avait prises. Le couvercle de la chaudière a sauté en l'air, la vapeur et le liquide se sont enflammés, et une colonne de feu produite par leur combustion s'est élevée à une hauteur considérable. Ce feu, que rien ne pouvait éteindre, a cessé de lui-même après quelques minutes, par l'épuisement des matières qui l'alimentaient, et qui consistaient principalement dans la quantité de liquide que contenait la chaudière; mais ce peu de momens qu'il avait duré, avait suffi pour enflammer un plancher trop élevé au-dessus du sol pour que nous pussions l'atteindre et y porter remède. Les secours publics devinrent nécessaires. Leur promptitude, jointe à l'habileté qui les dirige, arrêtèrent le feu avant qu'il se fût propagé au-dehors, et bornèrent ses dégâts au-dedans. Il ne causa aucun malheur personnel; et, quelque peine que j'aie ressentie en me trouvant la cause involontaire de cette alarme, je n'en aurais pas rappelé ici les circonstances, si ce n'eût été pour moi un devoir d'exprimer ma gratitude envers l'Administration, qui, voyant dans les suites de cet accident moins l'effet d'une tentative privée que les conséquences imprévues d'une recherche scientifique, a bien voulu ne pas se souvenir que c'eût été à moi de les réparer.

Cette dernière et importante expérience, en confirmant toutes les indications que nous avons tirées des précédentes, achève de montrer que le singulier pouvoir que certaines substances possèdent, pour faire tourner les axes de polarisation des rayons lumineux, est une

faculté individuelle à leurs particules; faculté qu'elles ne peuvent perdre que lorsqu'elles cessent d'être elles-mêmes, par leur décomposition. Toutefois, si quelque autre physicien, aussi favorablement secondé que je l'ai été moi-même, se trouve avoir les moyens et le desir de la répéter, il sera intéressant de constater le sens de la rotation et son identité avec celui qui convient à l'essence de térébenthine liquide. Il sera plus intéressant encore d'en mesurer la quantité, et d'en déduire, par le calcul, l'énergie du pouvoir de rotation, en ayant égard à la densité actuelle de la vapeur dans la colonne; par-là, on connaîtra si, comme il est extrêmement vraisemblable, les particules vaporisées conservent entièrement leur pouvoir. Cette dernière détermination présentera des difficultés dépendantes de l'inégale température, et par conséquent de l'inégale densité que possédera la vapeur dans les diverses parties de la colonne; mais, en y plaçant d'avance des thermomètres de distance en distance, et notant leurs indications au moment où l'on fera la mesure de la rotation par le mouvement du prisme, ou par l'observation seule des teintes, on pourra connaître les densités d'une manière suffisamment approchée, surtout si l'on peut, en laissant à la vapeur l'issue libre et constante qui lui est nécessaire, parvenir à avoir dans la colonne un état de température et de densité permanent. Mais, ce que je ne puis trop recommander, et ce que je me reprocherais de ne pas représenter ici d'une manière spéciale, c'est l'indispensable nécessité de conduire le tube d'écoulement de la vapeur jusqu'à une grande distance de la chaudière, et, s'il se peut, au-dehors du bâtiment où se fait l'expérience, de

peur que cette vapeur, si elle se répandait autour des fourneaux ou de la lampe, ne vînt à s'enflammer et à déterminer une explosion générale; c'est aussi de tenir le fourneau, et la chaudière même, séparés de tout le reste de l'appareil par des abris imperméables, tels qu'un mur à travers lequel on fera passer un tube d'introduction; car si, malgré toutes les précautions que nous venons d'expliquer, la chaudière venait à éclater, l'explosion de la vapeur, son inflammation et celle du liquide pourraient faire périr misérablement, et de la manière la plus inévitable comme la plus cruelle, les personnes qui se trouveraient à quelque distance. Il s'en est bien peu fallu que cet affreux malheur ne soit arrivé à moi, ou aux deux personnes qui m'assistaient, puisque nous allions incessamment d'une extrémité de l'appareil à l'autre; et elles auraient toutes deux péri infailliblement, si la pensée, je dirais presque l'inspiration, qui me vint de m'aider de leur témoignage pour constater le phénomène, ne m'avait fait les rappeler près de moi, à l'extrémité de l'appareil la plus éloignée de la chaudière, quelques instans avant que celle-ci éclatât.

ANALYSES *de quelques minéraux de la mine d'Utö en Suède, dans lesquels on a trouvé un nouvel alcali fixe.*

Par M. Auguste ARFWEDSON.

(Traduit de *Afhandlingar i Kemi, Fysik och Mineralogie*; tom. VI. Stockholm, 1818.)

DANS la mine d'Utö, qui depuis une époque reculée est d'une si grande importance pour la minéralogie, on a de temps en temps trouvé différens minéraux dont on a tâché de faire connaître la composition chimique, surtout pendant les dernières années. Il y en a cependant quelques-uns qui, quoique bien connus quant à leurs caractères extérieurs, n'ont jamais été l'objet d'un examen chimique; et parmi ceux qui ont déjà été examinés, il y a trop peu de correspondance entre les résultats des analyses pour en pouvoir tirer une conclusion positive relative à leur composition. C'est d'après ces motifs que j'ai fait, de plusieurs de ces minéraux, l'objet de mes recherches.

Pétalite.

M. d'Andrada nous a donné la description d'un minéral sous le nom de *pétalite*, qui s'était trouvé non-seulement à Utö, mais aussi à Finngrufvan, dans le Nyakopparberget et à Sala : cependant, comme le pétalite de M. d'Andrada ne paraît pas avoir exactement les mêmes caractères que le minéral que j'ai analysé, il faut que j'en donne une description particulière.

Sa couleur est le plus souvent le blanc de lait, quelquefois le rose, s'approchant de l'incarnat; il se trouve même d'un vert pâle; mais ces couleurs ne sont qu'accidentelles et produites par un mélange de substances étrangères. On ne le trouve jamais cristallisé, mais en masse. Sous cette forme, il est rarement pur et sans mélange, si on en excepte de petits morceaux dont la grosseur n'excède point quelques pouces cubes. Il est ordinairement accompagné de quartz, de feldspath, de triphane, de tourmaline, et quelquefois de mica.

A la surface, il est plus ou moins brillant, le plus souvent nacré. Dans l'intérieur et dans la cassure fraîche, il s'approche du verre, avec un aspect luisant qui vient de sa forme lamelleuse, distinctement visible sur sa cassure oblique. La cassure longitudinale est lamelleuse. Lorsque l'échantillon est pur, les lames sont entièrement parallèles, et on peut aisément en séparer des lames de l'épaisseur de la dixième partie d'une ligne, et même de plus minces. Dans une masse moins pure, les lames sont d'une forme écailleuse, ondulée et moins déterminée.

La cassure transversale est compacte comme celle du quartz, quelquefois un peu éclatante. Dans le sens de la diagonale, la cassure est irrégulière, tantôt tordue et tantôt fibreuse, lorsque la fissure est découverte perpendiculairement à l'épaisseur, mais parallèlement à la longueur des lames. En petits fragmens, il est visiblement prismatique. Les prismes sont aplatis avec des bords plus ou moins inégaux, et qui le plus souvent sont aigus vers les bouts.

Il est parfaitement transparent en petits fragmens.

Il est assez dur, et semble se rapprocher le plus du feldspath et du triphane, sans être rayé pourtant ni par l'un ni par l'autre. Le verre s'en laisse aisément rayer. Il donne du feu en profusion avec le briquet. Il se casse facilement dans le sens longitudinal, moins bien transversalement, s'il n'est point pénétré (ce qui arrive souvent) de petites crevasses dont les lames sont coupées.

En le divisant dans le sens de la diagonale, ce qui est le plus difficile, il est aussi dur que tenace.

J'ai trouvé sa pesanteur spécifique = 2.421.

Il ne devient pas électrique, ni par le frottement ni à l'aide de la chaleur.

Sa réfraction est simple, au moins lorsqu'on regarde l'objet à travers ses lames.

Devant le chalumeau et sans addition, il se fond presqu'aussi bien que l'adulaire, et on obtient un verre qui d'abord est blanchâtre, mais qui ensuite, par une fusion plus forte, devient transparent avec de petites bulles d'air dans l'intérieur.

Avec le borax, il se dissout un peu mieux que le feldspath, et le verre devient clair et incolore.

Digéré avec les acides, il se décompose en partie.

La forme primitive du pétalite (1) est un prisme rhomboïdal dans lequel la proportion entre les deux diagonales est comme $\sqrt{13}:\sqrt{2}$; ce qui détermine les deux angles opposés, l'un à 137°8′, et l'autre à 42°52′. Ce prisme se laisse diviser dans le sens de la diagonale la plus courte en deux faces, chacune de la forme

(1) Obtenue et calculée par M. Haüy, au moyen de la division mécanique et à l'aide du gonyomètre.

d'un triangle isocèle, et donne ainsi la molécule intégrante.

Analyse.

2 grammes de pétalite en poudre ayant été rougis dans un creuset de platine, n'avaient perdu de leur poids que 5 milligrammes ; ce qui est sans doute dû à de l'humidité.

a) On exposa 2 grammes de la pierre bien pulvérisée et mêlée avec trois fois autant de sous-carbonate de potasse sec, à un feu très-fort, pendant une heure ; la masse était fondue et parfaitement blanche. Dissoute dans de l'acide muriatique, évaporée à sec et mouillée de nouveau avec de l'eau contenant un peu du même acide, il resta de la silice, qui, étant séparée sur le filtre, puis lavée et séchée au feu, pesa 1.564 grammes.

b) Après avoir neutralisé la liqueur acide avec de l'ammoniaque caustique, j'y versai d'abord quelques gouttes d'oxalate d'ammoniaque. Il se forma un petit précipité probablement d'oxalate de chaux, mais en trop petite quantité pour être recueilli et pesé. Je précipitai alors la solution entièrement avec du carbonate d'ammoniaque. Le sédiment blanc et volumineux, pris sur le filtre, puis bien lavé avec de l'eau bouillante et séché au feu, pesa 0.356 grammes et n'avait point changé de couleur. Cette substance, combinée avec du sulfate de potasse, fournit par l'évaporation de l'alun ordinaire, et le liquide donna avec de la potasse pure un précipité qui se dissolvait entièrement par un excès du même alcali. Ce n'était par conséquent que de l'alumine.

Enfin, je fis bouillir les différens liquides qui me

restaient; mais ni par ce moyen ni avec les réactifs ordinaires, je n'en pus tirer aucune autre substance.

Voici donc le résultat de l'analyse :

Silice *a*)	1.564	78.2 ;
Alumine *b*)	0.356	17.8 ;
Chaux, une	trace.	. . .
Perte	0.080	4.0.
	2.000	100.0.

Une perte si considérable ne pouvait pas avoir lieu dans une analyse aussi simple que celle-ci, sans qu'il y eût dans le minéral une substance soluble dans l'eau, et qui par conséquent m'était échappée. C'est pourquoi il a fallu répéter l'analyse d'une autre manière.

a) 2 grammes de pétalite en poudre très-fine furent calcinés, pendant une heure et demie, dans un creuset de platine, avec 8 grammes de carbonate de baryte bien pur. Le produit fut une masse blanche et assez compacte, mais non pas fondue. En la traitant avec de l'acide muriatique faible en petit excès, pour m'assurer que toute la baryte serait dissoute, j'obtins de la silice, qui, bien lavée et séchée au feu, pesa 1.607 grammes.

b) Dans le liquide d'où la silice avait été séparée et qui contenait le muriate de baryte, je versai de l'acide sulfurique jusqu'à ce qu'il ne se formât plus de précipité. Le sulfate de baryte étant mis sur le filtre et bien lavé avec de l'eau bouillante, la solution fut entièrement saturée avec du carbonate d'ammoniaque ; ce qui me donna 0.332 grammes d'alumine parfaitement pure.

c) Tous les liquides restans étant évaporés à sec, j'en fis chasser par la chaleur les sels volatils, c'est-à-dire, le sulfate et le muriate d'ammoniaque, et j'obtins un résidu salin qui se dissolvit dans l'eau, en ne laissant qu'un peu de sulfate de chaux non dissous.

Ce sel était naturellement un sulfate, puisque l'acide sulfurique avait été ajouté en excès, en décomposant le muriate de baryte; mais comme il m'était aussi nécessaire de connaître sa composition, il fallait l'avoir à l'état neutre et ne renfermant point d'acide muriatique. J'y ajoutai donc une suffisante portion de sulfate d'ammoniaque; la solution fut évaporée à sec et la masse chauffée. Le sulfate neutre, fondu, pesait 0.358 gramm., et l'analyse m'avait donné :

Silice	a)	1.607	80.35;
Alumine	b)	0.332	16.60;
Sulfate	c)	0.358	17.90.

Mais il s'agissait encore de connaître la base de ce sel. Sa solution ne fut point précipitée ni par l'acide tartrique en excès ni par le muriate de platine. Il n'y avait par conséquent point de potasse. Je mêlai une autre partie d'une solution du même sel avec quelques gouttes de potasse pure, mais sans qu'elle en fût troublée. Ainsi, il n'y avait pas non plus de magnésie : ce devait donc être un sel à base de soude. Je calculai la quantité de soude qui devait s'y trouver; mais il en résulta toujours un excès d'environ 5 pour 100 de la pierre analysée. Alors, comme il me parut probable que les diverses substances n'étaient pas bien lavées, ou que l'analyse d'ailleurs n'était pas faite avec assez d'exactitude, je la

répétai encore deux fois avec tous les soins possibles, mais toujours avec des résultats fort peu différens. J'obtins :

La 1re fois.		La 2me fois.	
Silice,	78.45;	Silice,	79.85;
Alumine,	17.20;	Alumine,	17.30;
Sulfate,	19.50.	Sulfate,	17.75.

Enfin, après avoir étudié de plus près le sulfate en question, je trouvai bientôt qu'il contenait un alcali fixe particulier, dont la nature n'était pas encore connue. M. Berzelius proposa de lui donner le nom de *lithion* (du mot grec λιθειος, *lapideus*), parce que cet alcali fut d'abord trouvé dans le règne minéral.

Le nouvel alcali se laisse obtenir du sulfate dont je viens de parler, de la manière suivante : on mêle la solution du sulfate dans l'eau avec autant d'acétate de baryte qu'il en faut pour précipiter tout l'acide sulfurique. On en sépare le sulfate de baryte et on laisse évaporer la solution à sec, d'où il résulte une masse qui a de la ressemblance avec la gomme; on la chauffe à rouge dans un creuset de platine; l'acide acétique est décomposé, et on obtient un carbonate d'alcali fondu, mêlé de petites quantités de carbonate de baryte, de chaux et d'un peu de charbon. On réduit la masse en poudre, on la fait bouillir avec de l'eau, jusqu'à ce que la solution ne donne plus de réaction d'alcali ; les substances étrangères sont séparées par la filtration, et on laisse le liquide évaporer lentement. L'alcali se dépose alors en forme d'une croûte composée de très-petits cristaux prismatiques.

Le *carbonate de lithion*, ainsi obtenu, est très-insoluble dans l'eau. Il a un goût alcalin ordinaire assez fort, et restitue la couleur de tournesol rougi. Il se fond, et coule même à un feu brun-rougeâtre; il prend, par le refroidissement, l'aspect de l'émail. Lorsqu'on l'échauffe dans un creuset de platine, ce métal en est toujours fortement attaqué; ce qui est probablement une oxidation qui n'est jamais produite par les autres alcalis: les carbonates de potasse et de soude ont, au contraire, la propriété de restituer le brillant métallique au platine attaqué par le lithion, si on les échauffe ensemble à un feu rouge.

Le carbonate de lithion qui a éprouvé la fusion, aussi-bien que le carbonate cristallisé, est très-difficile à dissoudre dans l'eau. Si la quantité en est un peu considérable, et si on ne le réduit d'abord en poudre, il demande au moins deux jours avant qu'il ne soit parfaitement dissous.

Le *carbonate de lithion neutre* est un peu plus soluble dans l'eau. La solution, évaporée à une température peu élevée, dépose une croûte saline cristallisée, qui décrépite avec violence au feu.

Le lithion en combinaison avec les autres acides donne des sels particuliers dont je viens d'examiner les suivans:

Le *sulfate de lithion* est obtenu en dissolvant le carbonate dans l'acide sulfurique; mais pour avoir un sel neutre, il faut saturer l'excès de l'acide avec de l'ammoniaque, et puis chasser le sulfate d'ammoniaque au feu. Ce sel est très-soluble dans l'eau; il a un goût salin bien pur, ne cristallise qu'en masses irrégulières, n'éprouve point de changement dans l'air et est très-diffi-

cile à fondre : un peu de gypse, qu'on y mêle, le rend fusible à une température qui n'est point encore lumineuse.

J'ai fait deux analyses différentes de ce sel, et les résultats s'en accordent si bien, que je les considère comme se confirmant mutuellement; mais la première, qui a été faite avec une plus grande quantité de sel, mérite le plus de confiance.

1°. 5.732 grammes de sulfate de lithion neutre, privé d'eau, décomposés avec de l'acétate de baryte, m'ont donné 11.454 grammes de sulfate de baryte; ce qui répond à 3.935 grammes d'acide sulfurique (1), qui par conséquent avaient été combinés avec 1.797 grammes de la base. Le sel était donc composé :

D'acide sulfurique,	68.65;
De lithion,	31.35.
	100.00.

2°. 0.597 grammes du même sel ont fourni, par la même méthode, 0.406 gramm. d'acide, et 0.191 gramm. de base; ce qui donne pour sa composition :

Acide sulfurique,	68.17;
Lithion,	31.83.
	100.00.

Le *sur-sulfate de lithion* est produit en traitant le sel neutre avec de l'acide sulfurique. Il ne se laisse pas

(1) 100 parties de sulfate de baryte admises à contenir 34.354 parties d'acide.

décomposer au feu; il est plus fusible et moins soluble dans l'eau que le précédent.

L'acide nitrique donne avec le lithion un sel très-soluble, et qui, lentement évaporé, cristallise tantôt en grands rhomboèdres réguliers, tantôt en aiguilles. Il est extrêmement fusible au feu, et il devient coulant comme un liquide. A l'instant même qu'il est refroidi, il attire avec rapidité l'humidité de l'air et devient fluide. Il a le goût du salpêtre.

Le *muriate de lithion* ne cristallise point, mais il se dépose pendant l'évaporation en forme d'une croûte d'une texture irrégulière. De même que le nitrate, il est très-fusible, de manière que le creuset de platine dont on se sert n'est pas plutôt chauffé au brun rougeâtre que la masse passe à l'état de fluidité. Il attire avec la même rapidité l'eau de l'atmosphère et entre en déliquescence. J'en ai aussi examiné la composition, et comme mes deux analyses ne diffèrent que très-peu, je n'en citerai qu'une, qui m'a donné un résultat bien correspondant avec ceux obtenus du sulfate.

4.204 grammes de muriate de lithion fondu et pesé avec exclusion de l'air (par rapport à sa déliquescence) ont produit avec le nitrate d'argent 13.224 grammes de muriate d'argent fondu, qui contiennent (1) 2.525 gram. d'acide muriatique; et 4.204 part. de muriate de lithion se sont ainsi trouvé composées :

---

(1) 100 parties de muriate d'argent admises à contenir 19.0966 parties d'acide.

D'acide muriatique,	2.525	60.06;
De lithion,	1.679	39.94.
	4.204	100.00.

Mais comme on sait que 60.06 part. d'acide muriatique saturent une quantité de base dont l'oxigène est 17.527, il faut que ce soit aussi la quantité d'oxigène dans les 39.94 p. de la base en question; d'où il résulte, pour la composition du lithion :

Radical métallique,	56.117;
Oxigène,	43.883.
	100.000.

Si, de l'autre côté, on fait le calcul d'après l'analyse du sulfate, le résultat devient comme il suit : le sulfate de lithion est composé de 68.65 p. d'acide et de 31.35 p. de base. Une base quelconque, qui est saturée par 68.65 p. d'acide sulfurique, doit contenir 13.69 d'oxigène; il se trouve par conséquent la même quantité d'oxigène dans 31.35 p. de lithion, et sa composition devient :

Radical métallique,	56.34;
Oxigène,	43.66.
	100.00.

L'action de l'*acide acétique* sur le carbonate de lithion n'est pas bien prompte si elle n'est pas aidée par la chaleur. L'acétate desséché ressemble à une masse gommeuse sans aucun signe de cristallisation. En attirant l'humidité de l'air, il devient liquide.

Le *tartrate de lithion* est soluble, surtout avec un excès d'acide. On obtient par l'évaporation un sel efflorescent.

Le *borate de lithion* est aussi soluble. Il a une réaction d'alcali, se gonfle au feu en perdant son eau de cristallisation, se fond ensuite en un verre transparent, et se comporte d'ailleurs comme le borax ordinaire.

Le *sulfate d'alumine et de lithion* est un sel double qui cristallise, par une évaporation spontanée, en petits grains qui, sous la loupe, se présentent formés tantôt d'octaèdres, tantôt de dodécaèdres. Il est très-soluble dans l'eau et a le goût de l'alun de potasse ordinaire.

En faisant bouillir une solution concentrée de carbonate de lithion avec une quantité suffisante de chaux caustique éteinte, on obtient le *lithion caustique*. On sépare le carbonate de chaux par le filtre, et l'alcali qui se trouve dans la solution, étant desséché, se laisse fondre dans un creuset d'argent, à la manière ordinaire des alcalis. Le lithion caustique, ainsi préparé, a la cassure cristalline et un goût alcalin caustique, tout aussi fort que celui de la potasse et de la soude; il se conserve sec au contact de l'air, et se laisse dissoudre dans l'eau presqu'avec la même difficulté que le carbonate. Il faut pourtant avouer que le lithion en question n'était pas parfaitement débarrassé d'acide carbonique; et pour en venir à bout, il faudrait probablement se servir d'une autre méthode que la précédente.

Le lithion se distingue de la potasse et de la soude, surtout par sa difficulté à se dissoudre dans l'eau, par sa propriété de donner des sels déliquescens avec l'acide nitrique et muriatique, et enfin, par une plus haute

capacité de saturation, suite nécessaire de la plus grande quantité d'oxigène qu'il contient, et par laquelle il paraît se rapprocher des terres, surtout de la magnésie, dont on obtient aussi des sels déliquescens en la combinant avec les acides nitrique et muriatique.

Une expérience pour réduire le lithion, moyennant le mercure, et à l'aide d'une pile galvanique de 50 paires qui fut mise en activité avec une solution de muriate de soude, dont l'effet par conséquent était bien faible, ne m'a point réussi; et quoique je n'aie rien de plus à ajouter sur les propriétés de cet alcali, je crois cependant avoir suffisamment constaté sa nature particulière pour qu'on puisse lui donner une place dans la classe des alcalis déjà connus.

Quant à la quantité de lithion dans le pétalite, le résultat moyen des trois analyses précédentes se réduit à:

Silice,	79.212;
Alumine,	17.225;
Sulfate de lithion neutre,	18.383.

Mais 18.383 p. de ce sel, dont je viens de donner la composition, contiennent 5.761 p. de base, et le résultat des diverses analyses sera:

Silice,	79.212;
Alumine,	17.225;
Lithion,	5.761.
	102.198.

Quant à la manière dont ces substances se trouvent liées ensemble, le pétalite peut être considéré comme composé d'un atome de sex-silicate de lithion avec 3 atomes

de trisilicate d'alumine, et la formule minéralogique qui exprime sa composition sera : LS^6+3AS^3.

Triphane.

Le premier examen de ce minéral a été fait par M. Vauquelin, qui y trouva jusqu'à 9 pour 100 de potasse; tandis que MM. Hisinger et Berzelius, dans leurs analyses de ce minéral, imprimées dans le 3me volume de Afhandlingar, etc., n'y admettent point la présence de cet alcali.

J'ai tâché d'obtenir des éclaircissemens sur cette matière au moyen d'une nouvelle analyse du triphane d'Utò, dont je vais donner ici le détail.

Quant à ses propriétés extérieures et les phénomènes qu'il produit en le traitant par le chalumeau, le triphane est si parfaitement bien décrit par M. Hisinger dans le 3me volume de ces Mémoires, page 289, qu'il ne me reste rien à y ajouter; et c'est par une telle raison que je vais tout de suite commencer la relation de mes expériences analytiques.

a) 2 grammes de la pierre en poudre séchée et très-fine ne perdirent au feu que 0.009 grammes.

b) Cette même poudre, mêlée dans un creuset de platine avec quatre fois son poids de carbonate de baryte, fut exposée à un feu très-fort pendant une heure et un quart. Le produit était une masse assez compacte et verdâtre. Elle fut traitée, comme à l'ordinaire, avec de l'acide muriatique, et j'obtins 1.324 gramm. de silice.

c) La baryte, dissoute dans l'acide muriatique, en fut séparée par de l'acide sulfurique, et le sulfate de baryte pris sur le filtre fut bien lavé avec de l'eau bouil-

lante. La solution restante, neutralisée avec de l'ammoniaque, ne donna avec de l'oxalate d'ammoniaque aucun précipité. J'y mêlai alors du carbonate d'ammoniaque en excès ; ce qui produisit un précipité brunâtre et volumineux, qui, séparé et lavé avec de l'eau chaude, fut dissous de nouveau dans l'acide muriatique. En y ajoutant de la potasse pure, j'obtins d'abord un précipité qui se dissolvit ensuite dans un excès de potasse, et laissa un résidu d'oxide de fer qui, lavé et séché au feu, pesait 0.039 gramm. La solution alcaline, sur-saturée avec de l'acide muriatique, puis précipitée avec du carbonate d'ammoniaque, donna de l'alumine qui, bien lavée avec de l'eau bouillante et également séchée au feu, pesait 0.506 grammes.

d) La liqueur qui avait été précipitée par du carbonate d'ammoniaque (*c*), étant évaporée à sec, j'en séparai les sels d'ammoniaque au moyen de la chaleur. Le sel fixe qui resta était fondu. Dissous dans l'eau et mêlé avec une portion suffisante de sulfate d'ammoniaque, par la raison que je viens de citer dans l'analyse du pétalite, il fut de nouveau desséché et poussé au feu. J'obtins ainsi un sulfate neutre qui pesait 0.57 grammes, et qui se dissolvait dans l'eau en laissant un résidu de 0.004 gramm. qui était de la silice.

Il s'agissait donc de connaître la base de ce sel. J'en ai d'abord divisé la solution en deux parties. Dans l'une, j'ai plongé quelques morceaux d'acide tartrique cristallisé. Il s'est produit un précipité blanc floconneux, qui ne ressemblait point à la crême de tartre, et qui se dissolvait de nouveau avec un peu plus d'eau. Le précipité reparut encore par l'évaporation, mais en forme cristal-

lisée. Ce sel, chauffé dans un creuset de platine, laissa une masse fondue et charbonneuse, du même aspect que celle que j'avais obtenue en brûlant l'acétate de lithion ; le creuset de platine était attaqué; et quoique la substance ne se laissât dissoudre dans l'eau qu'avec beaucoup de difficulté, la liqueur devint cependant fortement alcaline. Toutes ces propriétés s'accordent si parfaitement avec celles de l'alcali tiré du pétalite, qu'il n'y avait point de doute que la même substance ne fût aussi une partie constituante du triphane ; mais pour en être mieux assuré, je saturai le liquide alcalin avec de l'acide muriatique, et chauffai le sel desséché dans un creuset de platine. Le sel avait, à l'égard de sa fusibilité et de sa disposition d'attirer l'humidité de l'air, toutes les qualités du muriate de lithion, de manière que je n'hésite point à le déclarer comme tel. Il me restait à savoir si j'avais un sel pur, ou s'il n'était pas plutôt mêlé d'une autre base, par exemple, la magnésie. Je pris donc l'autre partie du sulfate dont je viens de parler, et j'y versai quelques gouttes de potasse pure ; mais la liqueur resta claire : il n'y avait par conséquent point de magnésie. Elle ne pouvait non plus contenir de la chaux, puisqu'elle avait été auparavant essayée avec de l'oxalate d'ammoniaque sans éprouver aucun changement. Je prends ainsi pour décidé, que le sulfate ci-dessus obtenu, et dont la quantité, soustraction faite des 0.004 grammes de silice, se réduit à 0.566 grammes, n'était que du sulfate de lithion, équivalent à 0.147 gram. de lithion.

Voici le résultat de l'analyse :

Silice	*b*) 1.324					
	d) 0.004	1.328	66.40	contiennent		33.200.
Alumine *c*)		0.506	25.30	de		11.815.
Lithion *d*)		0.177	8.85	l'oxigène.		3.883.
Oxide de fer *e*)		0.029	1.45.			
Substances volatiles		0.009	0.45.			
		2.049	102.45.			

Le surplus que j'ai obtenu, tant dans cette analyse que dans celle du pétalite, j'ignore comment l'expliquer. On croirait que les précipités n'ont pas été bien lavés, ou que quelque autre manque de soin de ma part a pu avoir lieu ; mais je suis persuadé d'avoir employé, dans mes expériences, toute l'exactitude possible. La faute ne peut non plus en être attribuée aux réactifs, puisqu'ils avaient été auparavant examinés et trouvés parfaitement purs.

En calculant comment les parties constituantes du triphane sont probablement combinées entre elles, on trouve que ce minéral peut être considéré comme une combinaison d'un atome de trisilicate de lithion avec trois atomes de bisilicate d'alumine : cette composition se laisse exprimer par la formule suivante : $LS^3 + 3AS^2$.

Tourmaline verte, dite *Lépidolithe cristallisée.*

Sa couleur est le bleu verdâtre foncé, souvent d'un vert plus clair. Elle se trouve cristallisée en prismes réguliers et assez grands, qui, dans le sens longitudinal, sont striés et ressemblent parfaitement à ceux de la tourmaline ordinaire. Les cristaux se sont le plus souvent formés dans une gangue de pétalite ou de quartz, d'où

ils peuvent aisément être détachés, quelquefois même sans briser l'échantillon.

Ce minéral diffère de la tourmaline en ce qu'il est tendre; qu'il se laisse rayer avec le couteau, et qu'il donne une poudre grise-verdâtre.

Traité par le chalumeau et sans addition, il ne se fond pas; mais il perd sa couleur et devient blanc-grisâtre.

Il se dissout lentement dans le borax et produit un verre clair et sans couleur.

a) Je fis rougir dans un creuset de platine 1.594 gram. du minéral en poudre bien séchée, qui perdirent de leur poids, 0.058 gramm. ou 3.650 pour 100.

Pour décomposer la pierre, je la traitai d'abord par digestion avec des acides. Quoique la décomposition ne fût que partielle, elle me suffit cependant pour examiner les substances dissoutes, et je trouvai, à mon étonnement, qu'outre la silice, l'alumine et l'oxide de fer et de manganèse, j'avais encore affaire avec le nouvel alcali, dont la quantité me paraissait pourtant bien petite.

J'ai donc décomposé la pierre comme auparavant avec le carbonate de baryte.

b) J'exposai 2 grammes du minéral bien pulvérisé et mêlé de 8 grammes de carbonate de baryte, pendant une heure, à un feu incandescent.

La masse brûlée était d'un bleu verdâtre tout comme la pierre elle-même. Dissoute dans de l'acide muriatique, desséchée et mouillée avec de l'eau contenant un peu du même acide, j'obtins de la silice, qui, après avoir été séchée au feu, pesait 0.806 grammes.

c) La baryte étant séparée du liquide moyennant l'acide sulfurique, et le sulfate de baryte étant bien lavé,

je fis saturer la solution avec du carbonate d'ammoniaque, ajouté en excès; ce qui produisit un précipité visiblement ferrugineux, et qui d'abord fut pris sur le filtre et lavé. Je l'ai ensuite dissous dans de l'acide muriatique, et j'ai précipité la dissolution par la potasse pure, ajoutée en excès; le précipité fut dissous en grande partie en laissant un résidu brun foncé. Ce résidu a été dissous de nouveau dans de l'acide muriatique mêlé d'acide nitrique, pour avoir le fer oxidé au *maximum*, et la solution a été neutralisée avec de l'ammoniaque, puis précipitée avec du succinate d'ammoniaque. Il en résulta du succinate de fer, qui, chauffé dans un creuset de platine ouvert, laissa 0.097 gramm. d'oxide de fer rouge.

d) Comme j'avais pour but de séparer aussi le manganèse, je mêlai la liqueur neutre avec de l'hydrosulfure d'ammoniaque; ce qui produisit un précipité d'abord brun, mais qui, après avoir été calciné, devint blanc. Il pesait 0.147 gramm. et n'était que d'alumine, contenant une trace d'oxide de manganèse; car il prit, par l'addition de l'oxide de cobalt, la couleur bleue ordinaire, et dissous dans le verre de borax, il ne lui communiqua la couleur de l'oxide de manganèse que lorsqu'on y ajouta un peu de salpêtre.

Le liquide restant donna par l'évaporation une masse saline qui, ayant été chauffée, laissa seulement 0.03 gram. d'oxide de manganèse.

e) La dissolution alcaline (*c*) fut sur-saturée avec de l'acide muriatique, puis précipitée avec du carbonate d'ammoniaque. Le précipité, soigneusement lavé et calciné, pesait 0.663 grammes et avait toutes les propriétés de l'alumine pure. Dans d'autres expériences que je fis

pour m'en assurer, je mêlai aussi une solution de ladite substance dans l'acide muriatique avec du carbonate d'ammoniaque en grand excès ; mais la liqueur alcaline n'avait rien extrait du précipité.

f) La liqueur, séparée du précipité fait avec le carbonate d'ammoniaque (*c*), étant desséchée et poussée au feu, il resta un sulfate qui, mêlé avec de l'ammoniaque d'après la manière précitée, et chauffé à rouge, pesa 0.275 gramm. et se dissolvit sans résidu dans l'eau. Cette dissolution étant divisée dans trois verres, je versai dans l'un quelques gouttes d'oxalate d'ammoniaque ; ce qui produisit un faible précipité apparemment d'oxalate de chaux, mais dont la quantité ne se laissa point estimer. La seconde partie donna, avec de la potasse pure, un précipité blanc-jaunâtre qui se noircissait en contact avec l'air, et n'était qu'un petit reste de manganèse, dont je n'ai pu non plus déterminer la quantité. De la partie de la dissolution qui me resta dans le troisième verre, je séparai enfin l'acide sulfurique avec l'acétate de baryte, et je fis évaporer la liqueur filtrée. J'obtins une masse gommeuse qui, calcinée dans un creuset de platine, se décomposa et donna une substance alcaline fondue, dont toutes les propriétés indiquèrent que j'avais retrouvé le lithion. J'étais sur le point de considérer mon travail comme fini, lorsqu'en desséchant et chauffant une partie de la dissolution alcaline, je remarquai, au point où la masse entra en fusion, un certain gonflement, tout comme il arrive avec le borax, et le produit de la calcination était un verre du même aspect que celui du borax vitrifié. Il était donc bien probable que le minéral en question contenait de l'acide borique ; chose dont

je fus assuré en traitant la masse fondue avec de l'acide muriatique; car j'obtins par l'évaporation un sel qui se dissolvit en partie dans l'alcool, et lui donna la propriété de brûler avec une flamme visiblement verdâtre; ce qui caractérise si bien l'acide borique.

Pour trouver la quantité de cet acide, j'ai fondu une portion du minéral avec du sur-sulfate de potasse; j'ai ensuite fait bouillir la masse avec de l'alcool et j'ai desséché le liquide filtré. Il m'est ainsi resté une substance de 1.10 pour 100 du poids de la pierre, c'est-à-dire, 0.022 sur 2 grammes, et qui avait toutes les propriétés de l'acide borique. Il y a cependant des circonstances qui me font croire que je n'ai pas trouvé la vraie quantité de cet acide.

Nous avons vu que le sel obtenu ci-dessus (*f*) était composé de sulfate et de borate de lithion. Comme, en tout cas, la quantité de l'acide borique n'est que très-petite, on ne commet pas une grande erreur en considérant le sel double en question seulement comme un sulfate; ce qui donne pour sa composition 0.086 gramm. de lithion, et le résultat de l'analyse devient alors :

Silice (*b*)		0.806	40.30;
Alumine (*e*)	0.663		
(*d*)	0.147	0.810	40.50;
Lithion (*f*)		0.086	4.30;
Oxide de fer (*c*)		0.097	4.85;
Oxide de manganèse (*d*). . .		0.030	1.50;
Acide borique (*f*)		0.022	1.10;
Substances volatiles (*a*) 0.058 ou sur 2 gramm.		0.072	3.60.
		1.923	96.15.
Perte		0.077	3.85.
	grammes	2.000	100.00.

Les circonstances m'ayant obligé de discontinuer pour quelque temps mes recherches sur ces substances intéressantes, j'ai cru devoir communiquer le peu que j'ai déjà fait, dans l'espoir qu'il puisse servir de motif à quelque autre chimiste plus habile de tâcher de démêler plus parfaitement la composition de ce minéral.

Note ajoutée par M. Berzelius.

Quelque temps après que M. Arfwedson eut fini la série des recherches précédentes, M. le lieutenant-colonel Arrhenius me présenta un échantillon de ce même minéral d'Utò, qui avait complètement la forme de la tourmaline, mais dont la couleur était rougeâtre. Sa grande ressemblance avec la rubellite (tourmaline apyre H.) m'engagea à comparer les analyses de cette dernière faites par MM. Klaproth et Vauquelin, avec celle de M. Arfwedson, et l'on verra, par cette comparaison combien leurs résultats tendent à confirmer que le minéral d'Utò n'est en effet qu'une tourmaline apyre. Voici les résultats de MM. Klaproth et Vauquelin.

Silice,	43.50	42;
Alumine,	42.25	40;
Soude,	9.00	10;
Oxide de manganèse,	1.50	7;
Chaux,	0.10	»
Eau,	1.25	»
Perte,	2.40	1.

M. Svedenstierna reçut, quelque temps après, de beaux échantillons du minéral rouge d'Utò; il m'en com-

muniqua quelques morceaux pour les comparer à la rubellite de Sibérie.

Je traitai cette dernière au feu avec du carbonate de baryte : la masse, dissoute par de l'acide muriatique, fut évaporée à sec pour en séparer la silice. J'en séparai la partie soluble au moyen de l'eau, et de cette solution je précipitai les terres par du carbonate d'ammoniaque, et ensuite par de l'oxalate du même alcali. Le liquide, filtré, fut évaporé à sec ; la masse séchée, exposée au feu, laissa une masse saline que je fis dissoudre dans l'eau. La dissolution, lentement évaporée, donna des cristaux cubiques de muriate de soude ; mais entre ces cristaux il resta une matière non cristallisable et déliquescente. J'ajoutai de l'acide sulfurique à cette masse pour en chasser l'acide muriatique, et je la traitai ensuite par de l'alcool. La dissolution, allumée, brûla avec une flamme verte, comme une solution d'acide borique. Après en avoir séparé l'alcool, j'étendis la masse saline avec de l'eau et je la précipitai par de l'acétate de plomb ; je séparai ensuite l'excès ajouté de plomb moyennant du carbonate d'ammoniaque. Le liquide fut évaporé à sec et la masse chauffée à rouge. Les carbonates alcalins qui restèrent commencèrent à se fondre lorsque la masse devint rouge, et le creuset fut corrodé, tout comme il arrive lorsqu'on chauffe le platine à rouge en contact avec du lithion (1). L'eau enleva une grande

(1) Cette circonstance donne une méthode très-facile de découvrir le lithion dans les minéraux par le chalumeau. On prend un morceau du minéral, gros comme une tête d'épingle, ou une petite quantité de sa poudre ; on le chauffe

portion de carbonate de soude, en ne laissant que très-peu de lithion, qui ensuite fut dissous par une nouvelle addition d'eau. Il paraît donc que le minéral analysé par M. Arfwedson ne diffère de la rubellite que parce qu'il ne contient que du lithion, tandis que cette dernière contient à-la-fois de la soude et du lithion.

En comparant les analyses des tourmalines et des schoerls, on trouve qu'elles s'accordent en ce que l'oxigène de la silice et celui de l'alumine contenus dans ces minéraux ne sont pas entièrement égaux en quantité; mais que celui de la silice surpasse de $\frac{1}{10}$ celui de l'alumine, tout comme si le minéral était composé d'un atome de silicate alcalin et de 9 atomes de silicate d'alumine. La présence de l'acide borique fait cependant que l'on ne peut point admettre comme très-probable que telle est la composition des tourmalines.

---

avec de la soude en excès sur une feuille mince de platine, et on continue de le faire rougir une couple de minutes. La pierre se décompose, la soude chasse le lithion de ses combinaisons, et l'excès d'alcali étant liquide à cette température, se repand sur la feuille et environne la masse décomposée. Autour de la masse alcaline fondue, le platine prend une couleur foncée, qui est d'autant plus obscure et forme une bande d'autant plus large, que le minéral donne plus de lithion. L'oxidation du platine n'a point lieu sous l'alcali, mais seulement autour de l'alcali où le métal est en contact avec l'air et le lithion à-la-fois. La potasse détruit la réaction du platine sur le lithion si ce dernier n'est pas abondant. Le platine reprend son brillant métallique si, après avoir été bien lavé avec de l'eau, on le fait rougir un moment.

Les tourmalines noires, qui fort souvent ne sont point électriques par la chaleur, contiennent encore une portion d'oxidule de fer assez considérable, qui ne paraît pas y être en forme d'un silicate, puisque sa présence n'altère point le rapport de la silice à l'alumine. Cet oxidule de fer paraît n'être ici qu'un principe accidentel, tout comme il paraît l'être aussi dans les différentes variétés d'amphibole et de pyroxène.

Pour trouver s'il y a de l'acide borique et du lithion dans le schoerl ordinaire, j'ai examiné celui qu'on trouve en Vestmannie, sous le nom de *tourmaline de Karingbricka*. Je l'ai porphyrisé, et je l'ai ensuite décomposé par de l'acide sulfurique concentré, avec lequel je l'ai fait presque bouillir pendant six heures. J'ai étendu la masse d'eau, et je l'ai précipitée par du carbonate d'ammoniaque en excès et filtrée. Le liquide a été évaporé à sec et la masse saline exposée au feu. Il en est résulté un sulfate fixe, difficilement fusible, mais très-soluble dans l'eau. J'ai mêlé ce sulfate avec un peu d'acide sulfurique et d'alcool, et après les avoir fait digérer ensemble, j'ai allumé la dissolution. Elle a brûlé avec une flamme jaunâtre, et s'il y avait des traces de verdure sur les bords de la flamme, elles étaient trop peu prononcées pour qu'on puisse en conclure la présence de l'acide borique. La masse saline a ensuite été décomposée par de l'acétate de plomb; l'excès d'oxide de plomb a été précipité par du carbonate d'ammoniaque, et la solution des acétates a été desséchée et la masse chauffée à rouge. Elle n'a point attaqué le platine et ne s'est point fondue. L'eau n'en a dissous que très-peu, et cette dissolution a donné de la crème de tartre

par l'acide tartrique et a précipité une solution de platine. La partie non dissoute était la plus abondante : elle a donné un sel soluble amer avec l'acide sulfurique, et chauffée avec du nitrate de cobalt devant le chalumeau, elle est devenue rouge, et a présenté ainsi les caractères de la magnésie.

Cette expérience paraît donc prouver que ni le lithion ni l'acide borique ne sont essentiels à la combinaison qui produit la forme cristalline de la tourmaline, puisque celle de Karingbricka possède cette forme à un degré éminent. Y a-t-il des tourmalines à base de potasse, de soude, de lithion et de magnésie, tout comme il y a des aluns avec ces bases différentes, mais, à ce qu'il paraît, d'une même forme cristalline ?

Sur *les Chronomètres de MM.* Bréguet.

Un savant étranger, M. le Baron de Zach, vient d'insérer dans le 5me Numéro de la nouvelle *Correspondance astronomique et géographique* qu'il publie à Gênes depuis quelques mois, un article détaillé sur les montres que les navigateurs désignent indistinctement par les noms de *chronomètres*, *garde-temps* ou *montres marines*. Cet article ne se ferait remarquer que par son extrême médiocrité, si l'affectation avec laquelle l'auteur a évité de placer un seul nom français dans la liste des horlogers auxquels la géographie a des obligations, n'excitait, sous d'autres rapports, l'attention des lecteurs. Je souscris très-volontiers aux éloges mérités qu'on accorde à MM. Harrison, Kendal, Mudge, Emery, Arnold

et Earnshaw; je sais combien ces habiles artistes ont été utiles; et quoiqu'il m'eût semblé très-naturel de joindre à leurs noms ceux de Le Roy, de Ferdinand et Louis Berthoud, et de MM. Bréguet père et fils, je n'aurais pas eu la pensée de faire remarquer cet oubli, si le but évident de M. de Zach n'avait été de déprécier les travaux de nos compatriotes. M. Earnshaw, dit-il, est *actuellement le plus habile constructeur de chronomètres.* Mais les témoignages respectables dont M. le Baron s'étaie sont-ils aussi positifs qu'il le dit? Le Bureau des Longitudes de Londres avait été chargé de comparer les garde-temps d'Earnshaw avec ceux d'Emery, d'Ardnold et de Mudge; les premiers leur semblèrent les plus parfaits, et, à cette occasion, Earnshaw reçut du Parlement un encouragement de 3000 livres sterling (près de 80,000 fr.); mais remarquons que les horlogers du continent ne faisaient point partie du concours, et que, dès-lors, la décision prise par l'Amirauté et par les astronomes de Greenwich, d'Oxford et de Cambridge ne pouvait pas les concerner. L'extension que M. de Zach a donnée à l'assertion ci-dessus lui appartient donc entièrement, et ne repose que sur sa seule autorité. Si maintenant il veut bien me le permettre, je vais lui montrer, par des preuves authentiques, que MM. Bréguet père et fils construisent, *à Paris*, des garde-temps dont la marche est plus régulière encore que celle des deux chronomètres qui valurent à Earnshaw une récompense nationale. Les lecteurs qui s'intéressent aux progrès de la navigation et des arts, j'ajouterai même, à la gloire de la France, me pardonneront, sans doute, les détails dans lesquels je vais entrer.

La première des tables suivantes est la copie fidèle d'une note qui m'avait été remise, il y a déjà quelques mois, par le général anglais sir Thomas Brisbane, sans que je pusse prévoir alors que j'aurais sitôt l'occasion d'en faire usage. La montre a été soumise à de rudes épreuves ; car on l'a transportée plusieurs fois, en poste, de Valenciennes à Paris et à Cambrai, et sur plusieurs points de la frontière septentrionale de la France. Ceux qui connaissent M. le général Brisbane ne demanderont pas si l'on doit compter sur l'exactitude des observations qui ont servi à déterminer le temps absolu : on pourra, dans tous les cas, recourir à l'intéressant Mémoire qu'il vient d'insérer dans les *Transactions de la Société royale d'Edimburgh*, et après cela, on ne conservera certainement, à ce sujet, aucune espèce de doute. L'état de l'atmosphère, les fréquens voyages de M. Brisbane et ses occupations multipliées ne lui ont pas permis d'observer le soleil chaque jour : la seconde colonne de la table fera connaître par quels intervalles les retards du chronomètre, en vingt-quatre heures, ont été calculés.

Marche d'un chronomètre de poche, à tourbillon, construit par MM. Bréguet, et appartenant au général sir Thomas Brisbane.

			Nombre de jours.	Retard journalier.
Du	1 juin 1817	au 7	6	— 0",77.
	7	16	9	— 1,08.
	16	21	5	— 1,24.
	21	26	5	— 1,55.
	26	7 juillet	11	— 1,12.
	7 juillet	20	13	— 1,72.

		Nombre de jours.	Retard journalier.
Du 20 juillet 1817 au	27	7	— 1",48.
27	5 août	9	— 1,67.
5 août	17	12	— 0,90.
17	26	9	— 0,84.
26	7 septemb.	12	— 0,83.
7 septemb.	19	12	— 0,75.
19	3 octob.	14	— 0,29.
3 octob.	9	6	— 0,54.
9	7 novemb.	29	— 0,04.
7 novemb.	22	15	— 0,16.
22	5 décemb.	13	— 0,71.
5 décemb.	17	12	— 0,46.
17	25	8	— 0,83.
25	2 janv. 1818.	8	— 0,76.
2 janv. 1818	18	16	— 0,13.
18	16 févr.	29	— 0,08.
16 févr.	28 mars	40	— 0,58.
28 mars	5 avril	8	— 0,84.
5 avril	14	9	— 0,67.
14	29	15	— 0,69.
29	8 mai	9	— 0,67.
8 mai	20	12	— 0,91.
20	26	6	— 0,56.
26	12 juin	17	— 0,55.
12	21	9	— 0,68.
21	4 août	44	— 0,89.
4 août	12	8	— 1,37.
12	31	19	— 1,46.
31	11 sept.	11	— 1,10.

			Nombre de jours.	Retard journalier.
Du 11 sept. 1818	20		9	— 1″,34.
20		6 octob.	16	— 1,46.
6 octob.	15		9	— 1,54 (1).

On voit, par cette table, qu'en seize mois, le retard diurne de la montre de MM. Bréguet n'a guère varié que de 1″ $\frac{1}{2}$, et qu'à partir du mois de mars 1818, et jusqu'en octobre de la même année, c'est-à-dire, dans une période de huit mois consécutifs, ce retard s'est maintenu entre 0″,55 et 1″,54. On remarquera encore que les mois les plus chauds ont correspondu aux plus forts retards : en sorte que les variations que nous venons de noter, toutes légères qu'elles sont, ne tiennent qu'à un petit défaut dans la compensation.

(1) Je n'ai pas besoin de faire remarquer que, pour juger de la bonté d'un chronomètre, il suffit d'examiner si sa marche est toujours la même, quelle que soit d'ailleurs la quantité de l'avance ou du retard diurnes. Ainsi, un chronomètre qui avancerait régulièrement de 10″ en vingt-quatre heures serait préférable, par exemple, à celui qui, d'accord avec le temps moyen à une certaine époque, en différerait ensuite d'une demi-seconde par jour, en plus ou en moins. Le premier de ces chronomètres avancerait précisément de 5′ en un mois, de 10′ en deux mois, et ainsi de suite, et donnerait exactement le temps absolu à l'aide d'une correction facile à calculer ; l'heure indiquée par le second serait plus rapprochée de l'heure véritable ; mais après un intervalle de deux mois, la différence, sans qu'on en fût averti, pourrait s'élever jusqu'à une demi-minute : or, c'est précisément cette incertitude qu'il importe d'éviter dans les observations de longitude.

En calculant d'une manière analogue les observations de la marche du chronomètre d'Emery, que M. le Comte de Bruhl a publiées, nous trouverons plus de 1″ d'*avance* journalière moyenne en janvier, et environ 1″,5 de *retard* en juin ; ce qui donne dans la marche, en six mois, une variation totale de 2″,5. Dans les premières épreuves avec ce même chronomètre, le retard qui, en mars, n'était guère que de 2″,5, s'était déjà élevé en juillet à plus de 7″.

Passons maintenant aux chronomètres d'Earnshaw; et ne tenons même compte que de l'épreuve troisième et définitive sur laquelle on s'est fondé pour accorder à l'artiste une récompense nationale. Nous trouverons alors que le n° 1 *retardait*, en septembre, d'environ 2″,5; tandis que, dans le mois de janvier suivant; sa marche moyenne était de plus de 1″ d'*avance* par jour. Le n° 2 nous offrirait des variations plus fortes. L'un et l'autre avaient donc une marche moins régulière que le chronomètre du général Brisbane, quoique celui-ci ait été porté, et que les deux chronomètres d'Earnshaw soient constamment restés à l'Observatoire royal de Greenwich.

M. de Zach trouvera-t-il, je ne dis pas des garde-temps, mais même des pendules astronomiques dont la marche soit plus régulière que celle du chronomètre n° 1656 de MM. Bréguet? Je le prie de remarquer que la table suivante embrasse une période de quinze mois consécutifs.

La montre marine n° 1656 de MM. Bréguet ayant été comparée au temps moyen par des observations faites à bord de la Pallas, en rade de l'île d'Aix et au mouillage des Bris, depuis le 15 septembre 1810 jus-

qu'au 12 décembre 1811, M. le capitaine de vaisseau Bigot en a déduit la marche qui suit:

		Avance diurne.
Du 15 septembre 1810 au	22,	3",0.
22	4 novembre,	2,8.
4 novembre	13	3,0.
13	20	2,7.
20	22	2,6.
22	26	2,8.
26	1 décembre,	2,5.
1 décembre	4	2,4.
4	17	2,6.
17	23	2,8.
23	28	2,7.
28	5 janv. 1811,	2,5.
5 janv. 1811	9	2,4.
9	12	2,3.
12	18	2,5.
18	26	2,8.
26	4 février,	2,6.
4 février	27	2,7.
27	12 mars,	2,8.
12	23	2,6.
23	6 avril,	2,3.
6 avril	20	2,5.
20	9 mai,	2,4.
9 mai	25	2,6.
25	7 juin,	2,3.
7 juin	12	2,3.
12	23	2,4.

			Avance diurne.
Du 23 juin 1811	au 14 juillet,		2,3.
14 juillet	2 septembre,		2,5.
2	8		2,3.
8	17		2,4.
17	4 octobre,		2,2.
4 octobre	25		2,5.
25	12 novembre,		2,5.
12 novembre	24		2,3.
24	12 décembre,		2,6.

Par le *bill* relatif à la détermination des longitudes en mer, le Parlement d'Angleterre promettait une récompense de 10,000 livres sterling (10,000 louis) à l'artiste qui exécuterait des chronomètres assez parfaits pour donner la longitude, au bout de six mois, sans une erreur de *deux minutes de temps*. Or, il est facile de voir que les conditions de ce prix, qui jusqu'ici n'a point été décerné, sont parfaitement remplies par le chronomètre dont nous venons de transcrire la marche, et que, dans les combinaisons les plus défavorables, l'avance diurne moyenne d'un mois ne donnerait guère, au *bout de six mois*, qu'une erreur d'*une seule minute*.

Suite *des Expériences sur l'Eau oxigénée.*

Par M. L.-J. Thenard.

J'avais obtenu, lors de la publication de ma précédente *Note sur l'eau oxigénée*, de l'eau qui contenait 120 fois son volume d'oxigène. Je ne suis point parvenu

à l'oxigéner beaucoup plus, en continuant à y dissoudre du deutoxide de barium par l'acide hydrochlorique, etc. Mais en concentrant cette eau sous le récipient de la machine pneumatique à l'aide de l'acide sulfurique, j'ai fini par obtenir de l'eau qui contenait plus de 400 fois son volume d'oxigène.

Cette eau, ainsi concentrée, possède beaucoup de propriétés remarquables; je n'indiquerai ici que les principales.

Placée sur la peau, elle en attaque bientôt l'épiderme, le blanchit, et cause pendant quelque temps de violens picotemens.

Elle a une saveur qui semble être en même temps astringente et amère, et qui tient un peu de celle de l'émétique.

Lorsqu'on en met quelques gouttes dans un tube et qu'on y ajoute ensuite de l'oxide d'argent, le tube s'échauffe au point qu'on ne peut plus le tenir, et l'effervescence est des plus violentes.

Enfin, lorsqu'on en met un peu plus dans un verre et qu'on y laisse tomber tout-à-coup de l'oxide d'argent récemment précipité et encore humide, il se fait une sorte d'explosion.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 4 janvier 1819.

L'ACADÉMIE, conformément à ses réglemens, a procédé, dans cette séance, à l'élection d'un vice-président. M. Sané a réuni la majorité des suffrages.

On a aussi nommé, au scrutin, les commissions qui doivent examiner les pièces envoyées au concours pour le prix sur la maturation des fruits, proposé par l'Académie, et pour le prix d'anatomie fondé par M. Alhumbert.

Le reste de la séance a été rempli par la lecture de quelques articles de correspondance.

Séance du lundi 11 janvier.

M. l'inspecteur de la navigation transmet l'état des crues et diminutions de la Seine, observées au pont de la Tournelle en 1818. Nous profiterons de cette occasion pour placer ici le résumé des états pareils qui ont été communiqués à l'Académie depuis 1807 inclusivement. Il nous a semblé que cette table, considérée comme donnée météorologique, pourrait intéresser nos lecteurs. Nous préviendrons que le zéro de l'échelle correspond aux plus basses eaux observées en 1719, et qu'il est élevé d'un demi-mètre, environ, au-dessus du sol de la rivière.

Etat des crues au pont de la Tournelle, exprimées en mètres.

Années.	Plus hautes eaux.	mètres	Plus basses eaux.	
1807	3 mars	6,70.	8 septembre	— 0,05.
1808	7 décemb.	3,62.	23 juillet	+ 0,05.
1809	14 janvier	5,00.	23 novembre	+ 0,49.
1810	5 janvier	3,63.	16 octobre	+ 0,09.
1811	20 février	5,34.	23 septembre	+ 0,00.
1812	....	....	....	....
1813	23 novemb.	2,96.	22 septembre	+ 0,06.

Années.	Plus hautes eaux.		Plus basses eaux.	
		mèt.		
1814	21 janvier	4,80.	18 octobre	— 0,09.
1815	26 mars	5,42.	19 septembre	— 0,14.
1816	22 décembre	5,48.	31 octobre	+ 0,90.
1817	13 mars	6,30.	22 septembre	+ 0,36.
1818	15 mars	5,20.	8 septembre	+ 0,04.

La plus forte crue dont on aît conservé le souvenir est celle de 1658 ; l'eau monta à 8$^{\text{mèt.}}$,23.

En 1767, la rivière descendit 27 centimèt. au-dessous du zéro de l'échelle ou des basses eaux de 1719. C'est le point le plus bas où la rivière soit descendue depuis qu'on tient note de ses variations, jour par jour.

M. Biot communique la *description d'un phénomène de mirage latéral observé à Genève par M. Jurine.* (Nous chercherons à nous procurer quelques détails circonstanciés sur l'observation de M. Jurine.)

M. Labillardière lit un Mémoire *sur les Rainettes.*

M. Girard lit un Mémoire *sur la Topographie et le relief de Paris.*

Au nom d'une commission, M. Dupin fait un rapport sur le Mémoire que M. Navier, ingénieur des ponts et chaussées, avait présenté à l'Académie, et dans lequel il se proposait de *déterminer le rapport entre la force motrice et l'effet produit, dans les machines de rotation employées pour élever l'eau.*

M. Navier ayant bien voulu nous promettre quelques extraits détaillés de son savant Mémoire, nous nous bornerons à transcrire ici les conclusions du rapport.

« On reconnaît, dans le travail de M. Navier, l'élève

» d'une école (l'école Polytechnique) où les opérations
» de la géométrie descriptive sont extrêmement fami-
» lières, et il en sait faire un excellent usage. Vos com-
» missaires regardent le Mémoire de M. Navier comme
» digne de votre approbation, et vous proposent de l'in-
» sérer dans le *Recueil des Savans étrangers.* » Cette
conclusion a été adoptée.

M. Yvart lit un Mémoire dans lequel il rend compte
de son excursion au Puy-de-Dôme.

Séance du lundi 18 *janvier.*

S. A. R. le Duc de Glocester assiste à la séance.

M. Thenard lit une nouvelle Note *sur l'Eau oxigénée.*
(Elle fait partie du Cahier de décembre dernier.)

M. Dupin lit le chapitre de son grand ouvrage dans
lequel il examine l'état des sciences, des lettres et des
arts en Ecosse.

M. de Jussieu fait un rapport sur deux ouvrages manus-
crits que M. Loiseleur-Deslongschamps avait soumis à
l'examen de l'Académie. Le seul mérite que possède le
premier travail de l'auteur, est de réunir dans un même ou-
vrage les caractères qui intéressent le botaniste, et les pro-
priétés que le médecin recherche plus particulièrement.
Dans son second ouvrage, M. Deslongschamps a cherché
les moyens de remplacer quelques médicamens étrangers
par d'autres médicamens tirés des végétaux indigènes.
Chacune de ces substances étrangères est l'objet d'un
Mémoire particulier dans lequel l'auteur, après avoir
donné l'historique de cette substance, traite, dans des
articles subséquens, de chacun des végétaux indigènes

qu'il croit propres à les remplacer. L'opinion des commissaires a été que cette partie du travail de l'auteur méritait l'approbation de l'Académie.

M. Serres lit un Mémoire *sur l'Ostéogénie.* Une commission est chargée d'en prendre connaissance.

M. Fourier lit un Mémoire *sur la Théorie analytique des assurances.* (Nous le ferons connaître prochainement.)

Sur *les Variations diurnes de l'aiguille aimantée.*

La découverte des variations diurnes de l'aiguille aimantée remonte à l'année 1722. Depuis lors, ce curieux phénomène a fixé l'attention d'un grand nombre d'observateurs, et néanmoins, on doit l'avouer, il est encore enveloppé dans une grande obscurité. En Europe, l'extrémité boréale de l'aiguille aimantée marche, tous les jours, de l'est à l'ouest, depuis le lever du soleil jusqu'aux approches d'une heure après midi, et ensuite elle rétrograde vers l'est; on sait aussi que l'étendue de ces oscillations journalières est plus grande en été qu'en hiver; mais est-il bien certain, par exemple, que la position géographique ait sur cela quelque influence, et que l'aiguille, comme quelques observateurs l'ont cru, se déplace beaucoup moins, toutes les vingt-quatre heures, près de l'équateur terrestre que dans nos climats?

Les académiciens de Pétersbourg ont plusieurs fois annoncé que, *dans cette ville,* la déclinaison ne varie ni du matin au soir, ni du jour au lendemain, ni même d'une année à l'autre. Malgré la confiance que les noms

d'Euler, de Krafft, etc. peuvent inspirer, une anomalie aussi extraordinaire doit-elle être admise, tant qu'elle ne se fondera pas sur des observations nombreuses et faites avec des instrumens très-précis ?

Les aurores boréales doivent être placées au premier rang des causes qui troublent quelquefois la marche régulière des variations diurnes. Ces variations, même en été, ne sont au plus que de 15 ou 18 minutes ; mais si une aurore se montre, on voit souvent l'aiguille s'éloigner, en quelques instans, du méridien magnétique, de plusieurs degrés. Comment concilier maintenant une influence aussi marquée, avec des observations d'où il semblerait résulter que la même aurore qui transporte subitement une aiguille de l'est à l'ouest, laisse immobile une aiguille voisine, ou lui imprime un mouvement contraire ?

Pendant l'apparition d'une aurore boréale, on voit souvent, dans la région du nord, des rayons lumineux, diversement colorés, jaillir de toutes les parties de l'horizon. Le point du ciel *où ces rayons se réunissent est précisément celui vers lequel se dirige une aiguille aimantée suspendue par son centre de gravité :* en sorte qu'à Paris, où l'on observe maintenant une inclinaison de 68°.40′, ce point est 21°.20′ au sud du zénith. Il a été prouvé, en outre, que les cercles concentriques, presque semblables à l'arc-en-ciel, qui se montrent ordinairement avant les jets lumineux dont nous venons de parler, reposent, chacun, sur deux parties de l'horizon également éloignées du méridien magnétique, et *que les points les plus élevés de chaque arc sont exactement dans ce méridien.* Il est incontestable, d'après cela, qu'il y a une

liaison intime entre les causes de l'aurore boréale et celles du magnétisme terrestre. Ce ne sera toutefois qu'à l'aide d'observations nombreuses, faites simultanément dans divers points de la terre, avec des aiguilles délicatement suspendues, qu'on pourra essayer de découvrir comment le premier de ces phénomènes modifie le second.

Lorsqu'on pousse l'exactitude, dans l'observation des oscillations diurnes de l'aiguille aimantée, jusqu'aux secondes de degré, on ne trouve pas, dans l'année, deux jours qui se ressemblent parfaitement : ceci tient, sans doute, aux changemens perpétuels des circonstances atmosphériques ; mais on conçoit combien il serait inutile d'essayer quelque hypothèse à cet égard, tant que des observations exactes et correspondantes n'auront pas appris si ces perturbations sont locales, ou si elles s'observent simultanément dans des lieux éloignés.

Deux causes principales semblent donc avoir nui aux progrès qu'on a faits, jusqu'ici, dans l'étude des phénomènes magnétiques, savoir : d'une part, le manque d'observations correspondantes faites dans des lieux suffisamment éloignés, et de l'autre, l'imperfection des instrumens. Le Bureau des Longitudes ayant fait établir récemment, à l'Observatoire royal, un appareil extrêmement précis, construit par Fortin, nous pourrons donner désormais à cette branche de la physique toute l'attention qu'elle mérite ; nous avions seulement tout lieu de craindre que, d'ici à long-temps, on ne pût obtenir des termes de comparaison, par le double motif que le prix des boussoles est assez élevé, et que les observations des variations diurnes sont très-assujettis-

santes (1). Heureusement M. le Maréchal Duc de Raguse, qui ne croit pas déroger en consacrant ses loisirs à l'étude des sciences, a bien voulu ne point apercevoir ces obstacles. Par ses soins, une excellente boussole de l'artiste Gambey a été placée, depuis quelques mois, à Châtillon-sur-Seine en Bourgogne; en l'absence de M. le Maréchal, les observations sont faites par un jeune homme intelligent et instruit, auquel est également confiée la surveillance de quelques-uns des beaux établissemens d'agriculture qu'on admire aux alentours du château de Châtillon. Ces observations nous sont régulièrement communiquées, et fourniront, de temps à autre, la matière de quelques articles que nous insérerons dans les *Annales*. En attendant, nous extrairons des tableaux correspondans au mois d'octobre dernier, une remarque qui ne paraîtra pas, j'espère, tout-à-fait dépourvue d'intérêt.

La marche de l'aiguille aimantée, dans la matinée du 31 octobre 1818, n'offrit rien de remarquable; mais, à partir de midi, la déclinaison augmenta plus que de coutume : à une heure, elle *surpassait* celle des jours précédens de 12′ environ; à cinq heures et demie, l'excès de déclinaison était encore de 7′. Après ce temps, l'aiguille rétrograda brusquement vers l'est, et de telle sorte

---

(1) Si je ne me trompe, il n'existait, naguère, en Europe, qu'un seul endroit (l'Observatoire de *Bushey-heath*, près de Londres) où l'on suivît régulièrement les variations diurnes de l'aiguille aimantée. On doit regretter que le propriétaire de cet établissement, M. le colonel Beaufoy, dont tous les physiciens ont été à même d'apprécier le mérite, se serve, dans ses observations, d'une aiguille supportée par une chape, et qu'il n'ait pas préféré de la suspendre, comme le faisait Coulomb, à un fil sans torsion.

qu'à huit heures, la déclinaison était *plus faible* que la moyenne de toutes celles qu'on avait observées à la même heure durant le reste du mois, de près de 9′. On voit que les déplacemens accidentels de l'aiguille, le 31 octobre, ont été plus considérables que la totalité de son oscillation diurne régulière : car, dans ce mois, celle-ci n'est guère que de 10′.

A Châtillon-sur-Seine, dans le château de M. le Maréchal Duc de Raguse, l'aiguille, entre huit heures du matin et six heures du soir, éprouva des mouvemens irréguliers, parfaitement semblables à ceux qu'on avait observés à Paris.

Enfin, je trouve, dans les observations de M. le colonel Beaufoy, faites à Bushey-heath (1′.2″ de temps à l'ouest de Greenwich et par 51°.38′ de latitude), que la déclinaison de l'aiguille, le 31 octobre au matin, ne différait pas sensiblement de celle des jours précédens; mais qu'à une heure, elle était *plus grande* qu'à l'ordinaire de 11′. Les observations du soir manquent.

Si nous rapprochons ces remarques d'une lettre datée de Bishopwearmouth, en Sunderland, qui vient d'être insérée dans le Journal du Dr Thomson, et dans laquelle M. Renney annonce avoir vu une aurore boréale le 31 octobre 1818, entre sept et huit heures du soir, on ne doutera pas que ce phénomène, qui n'a pas été aperçu à Paris à cause des nuages, n'ait déterminé les oscillations irrégulières de l'aiguille observées à Bushey-heath, à l'Observatoire royal et à Châtillon. Il demeurera aussi évident que l'aurore boréale agit avant de se montrer sur l'horizon, et que son influence s'exerce simultanément à des distances considérables.

Sur *un nouveau moyen de produire de la chaleur et de la lumière.*

Nous avions appris de plusieurs Américains, pendant leur séjour à Paris, que l'on avait découvert en Amérique le moyen de brûler la résine et le goudron par l'intermède de l'eau et de l'air, et d'obtenir de ces corps inflammables plus de chaleur et de lumière que par les procédés ordinaires. Le peu de détails que nous avions recueillis ne nous avaient pas permis d'annoncer cette découverte très-intéressante, à laquelle, nous l'avouerons, nous avions de la peine à croire; mais trouvant, dans le premier Numéro d'un Journal scientifique publié à New-York par M. Silliman, une description plus exacte que celle qui nous avait été communiquée, nous ne pouvons plus différer d'en parler. En nous éclairant, nous avons appris à douter davantage; nous en donnerons les motifs après avoir fait connaître le nouveau procédé. On l'attribue à Samuel Morey, et nous apprenons, par le Journal cité, p. 93, que M. Sullivan a pris une patente pour l'appliquer aux bateaux à vapeur.

Pour brûler la résine par le nouveau procédé, on la tient fondue dans un vase fermé par un couvercle auquel sont fixés deux tubes; l'un, s'ouvrant dans l'air, destiné à laisser échapper la vapeur inflammable que la chaleur dégage de la résine; l'autre s'enfonçant jusqu'au fond du vase et communiquant avec une chaudière où l'on tient de l'eau en ébullition. Tant qu'il n'arrivera pas de vapeur aqueuse de la chaudière dans la résine, on n'obtiendra qu'une flamme chancelante, de la grandeur, par

exemple, de celle d'une chandelle ; mais aussitôt que la vapeur aura pénétré dans la résine, on apercevra un jet de flamme plusieurs centaines de fois plus volumineux que le premier, et de deux à trois pieds de longueur. On présume que, dans cette expérience, la vapeur aqueuse est décomposée au moment où elle traverse la résine, et qu'il se produit de l'hydrogène carburé et de l'oxide de carbone, ou de l'acide carbonique. Le goudron réussit encore mieux que la résine. On n'indique pas la température à laquelle on expose ces corps inflammables; mais, par une autre expérience dans laquelle le goudron était chauffé dans un vase plongé dans celui qui contenait l'eau bouillante, et qui a donné des résultats également satisfaisans, on peut juger que cette température est peu élevée au-dessus de celle de l'eau bouillante, ou de 100°.

Deux raisons nous inspirent des doutes sur l'expérience de Samuel Morey, qui malheureusement n'a été soumise à aucun calcul rigoureux :

1°. A la température de 100°, et même de 150°, le goudron et la résine ne peuvent décomposer l'eau.

2°. En admettant que l'eau fût décomposée, la théorie indique que le goudron et la résine ne doivent pas donner plus de chaleur et de lumière que par le procédé ordinaire de la combustion, et qu'on doit même en obtenir moins. Quel serait donc l'effet de la vapeur ?

A la température à laquelle le goudron est exposé seul, la force élastique de la vapeur inflammable qu'il produit n'est pas assez grande pour qu'elle puisse vaincre le poids de l'atmosphère, et se dégager en abondance ; de là, la petite flamme qu'elle donne.

Mais si on fait arriver dans le goudron de la vapeur

aqueuse, celle-ci entraîne la vapeur inflammable qui seule n'aurait pu se dégager, conformément à la théorie des vapeurs, et il n'est pas étonnant que la flamme soit considérablement augmentée. Que l'on prenne, par exemple, de l'essence de térébenthine, qui ne bout qu'à environ 160°, et qu'on la chauffe seulement à quelques degrés au-dessus de 100, dans l'appareil de Samuel Morey, elle ne donnera point de flamme parce qu'il ne se dégagera point de vapeur inflammable; mais avec un courant de vapeur aqueuse ou seulement d'azote, on obtiendra une flamme considérable.

C'est ainsi encore que de l'eau chauffée tout près de 100°, dans un vase presque entièrement fermé, ne laisse point apercevoir de vapeurs; tandis que si l'on souffle sur sa surface, il s'en produit en abondance.

En second lieu, on sait que, dans la combustion de l'hydrogène carburé, il ne se forme que de l'eau et de l'acide carbonique. Or, si l'eau se décomposait en traversant le goudron, et qu'elle se recomposât ensuite, il est évident que ses élémens ne pourraient reproduire, dans ce dernier cas, que la quantité de chaleur qu'ils auraient absorbée dans le premier, et que par conséquent il n'y aurait aucun avantage à employer l'eau pour brûler le goudron et la résine.

En troisième lieu, nous pouvons presque assurer que l'on doit avoir un moindre effet utile en employant la vapeur qu'en ne l'employant pas, par la raison que plus l'oxigène est mêlé en grande quantité avec des corps étrangers, moins la température produite par la combustion est élevée : c'est ainsi que le charbon s'éteint dans de l'air qui contient moins de 10 à 12 centièmes

d'oxigène, et que, dans l'expérience de Samuel Morey, on n'obtiendrait point de flamme si la vapeur aqueuse était en trop grande abondance relativement à la vapeur inflammable. G.-L.

Sur *le Sirium de M.* Vest.

En annonçant, dans ce Journal, t. VIII, p. 110, le métal nouveau auquel M. Vest a donné le nom de *sirium*, nous avions émis des doutes sur son existence, parce que les caractères qu'on lui attribuait nous avaient paru fort incertains. Nos doutes n'étaient que trop fondés. M. Faraday, préparateur pour la chimie, dans l'Institution royale à Londres, vient de s'assurer qu'un fragment de sirium remis par M. Vest à sir H. Davy, et envoyé par ce dernier à M. Hatchett, bien loin d'être un métal particulier, était un composé de nickel, de soufre, de fer et d'arsenic. Le Dr W. H. Wollaston a fait aussi des expériences sur une portion du même échantillon, et il le considère comme un sulfure dont le métal principal est le nickel, avec une petite portion de fer, de cobalt et d'arsenic. (*Journ. of Science and the Arts*, etc. VI. 112.)

JOURS.	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL	VENTS.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.	à midi.	
1	770,19	+ 2,5	96	770,24	+ 4,2	92	770,12	+ 5,2	88	770,90	+ 2,0	98	+ 5,2	+ 1,5	Couvert.	E. N. E.
2	770,88	+ 0,5	97	770,32	+ 1,7	97	769,66	+ 4,5	77	770,00	+ 0,6	95	+ 4,5	+ 0,4	Beau, brouillard.	E. N. E.
3	768,70	+ 0,4	95	767,46	+ 2,7	86	766,86	+ 4,0	78	765,94	— 0,2	97	+ 4,0	— 1,2	Beau, léger brouill.	S. E.
4	767,04	— 4,4	94	766,04	— 0,5	87	765,34	+ 1,2	63	765,02	— 2,3	98	+ 1,2	— 5,0	Beau, léger brouill.	S. S. E.
5	765,85	— 3,0	93	765,36	+ 0,7	86	765,00	+ 2,5	86	765,60	— 1,9	96	+ 2,5	— 3,5	Beau.	S. E.
6	765,92	— 3,1	95	765,15	— 0,2	86	764,30	+ 2,5	86	764,05	— 1,8	97	+ 2,5	— 5,0	Beau, brouillard.	S. S. E.
7	762,07	— 3,4	90	759,60	+ 1,6	82	757,90	+ 3,5	82	755,90	+ 4,2	96	+ 4,2	— 4,7	Légers nuages.	S. E.
8	759,40	+ 3,1	93	759,74	+ 5,7	82	759,58	+ 4,7	90	759,48	+ 2,8	96	+ 5,8	+ 2,6	Nuag., léger brouill.	S. O.
9	757,15	+ 7,8	95	756,77	+ 9,5	92	755,60	+ 10,0	92	755,62	+ 6,2	89	+ 10,0	+ 6,2	Couv., léger brouill.	S. O.
10	763,82	+ 5,2	95	762,69	+ 8,1	90	760,76	+ 8,7	92	758,00	+ 9,5	84	+ 9,8	+ 5,2	Couvert, brouillard	S. O.
11	759,60	+ 8,2	90	760,61	+ 9,8	72	762,24	+ 8,7	66	762,38	+ 6,7	80	+ 9,8	+ 6,7	Nuageux.	S. O. fort
12	767,92	+ 4,2	98	768,12	+ 7,7	82	767,53	+ 7,2	80	766,70	+ 2,0	98	+ 7,8	+ 2,0	Beau.	S. O.
13	762,12	+ 2,5	87	761,60	+ 6,7	71	761,42	+ 7,5	82	762,70	+ 5,0	96	+ 7,5	+ 1,7	Quelques éclaircies.	S. O.
14	765,07	+ 4,7	95	764,40	+ 8,1	88	764,12	+ 8,5	96	763,47	+ 9,9	97	+ 10,0	+ 2,0	Couvert.	S. O.
15	762,85	+ 10,5	90	762,51	+ 11,7	96	761,22	+ 11,7	94	758,24	+ 10,7	96	+ 11,8	+ 10,0	Couvert.	S. O.
16	767,21	+ 4,7	67	768,22	+ 6,5	58	768,55	+ 6,2	56	767,32	+ 3,5	82	+ 6,5	+ 3,4	Nuageux.	N. O.
17	757,60	+ 4,2	81	754,03	+ 6,2	83	751,30	+ 8,7	91	750,97	+ 6,8	90	+ 8,7	+ 3,7	Couvert.	S. O. fort
18	756,18	+ 4,5	84	749,97	+ 6,4	74	750,40	+ 4,2	90	752,78	+ 2,7	85	+ 6,4	+ 2,7	Nuageux.	S. O. fort
19	756,00	+ 3,0	82	756,30	+ 4,5	76	756,10	+ 5,0	78	754,45	+ 4,4	94	+ 5,0	+ 2,2	Quelques éclaircies.	O.
20	752,15	+ 5,2	90	751,15	+ 6,4	67	751,64	+ 7,0	65	750,57	+ 3,4	91	+ 7,0	+ 3,2	Couvert.	S. O.
21	748,75	+ 4,2	84	749,72	+ 7,0	67	750,90	+ 6,2	68	751,56	+ 2,9	92	+ 7,0	+ 2,4	Nuageux.	O. fort.
22	750,10	+ 6,4	95	750,04	+ 8,7	88	749,15	+ 9,2	91	749,67	+ 7,0	96	+ 9,2	+ 5,0	Couvert.	S. O.
23	753,15	+ 5,5	95	754,02	+ 8,7	85	754,47	+ 8,2	83	755,18	+ 4,0	99	+ 8,8	+ 4,0	Nuageux.	S. O.
24	750,40	+ 4,4	96	749,28	+ 9,0	79	749,10	+ 10,2	61	748,71	+ 7,7	69	+ 10,2	+ 4,0	Légèrement couvert	. . . .
25	751,30	+ 4,0	94	749,97	+ 8,2	78	748,20	+ 9,0	74	747,77	+ 8,5	70	+ 9,0	+ 3,8	Couvert.	S. fort.
26	747,43	+ 7,5	87	747,10	+ 9,4	80	746,50	+ 9,5	80	746,67	+ 8,0	89	+ 9,5	+ 7,5	Couvert.	S.
27	745,61	+ 6,5	89	745,18	+ 10,1	78	744,60	+ 11,2	79	744,00	+ 9,4	77	+ 11,2	+ 5,0	Couvert.	S. E.
28	744,56	+ 7,2	82	745,22	+ 9,1	70	746,09	+ 7,9	61	744,72	+ 3,8	93	+ 9,1	+ 3,2	Nuageux.	S.S. O. f.
29	746,82	+ 2,5	96	746,12	+ 6,2	82	745,32	+ 7,5	72	743,80	+ 4,4	95	+ 7,5	+ 2,0	Nuageux et trouble.	S. S. E.
30	742,08	+ 4,0	95	742,18	+ 7,7	82	742,00	+ 7,4	81	742,75	+ 5,6	98	+ 7,8	+ 4,0	Couvert.	S. S. O.
31	744,44	+ 4,0	96	744,63	+ 7,8	85	745,00	+ 7,0	81	747,06	+ 4,9	90	+ 8,2	+ 2,6	Nuageux.	S. S. E.
1	765,09	+ 0,5	94	764,34	+ 3,3	88	763,51	+ 4,7	83	762,85	+ 1,9	95	+ 5,0	+ 0,3	Moyennes du 1 au 10.	
2	759,87	+ 5,2	86	759,69	+ 7,4	77	759,45	+ 7,5	80	758,96	+ 5,5	91	+ 8,0	+ 3,8	Moyennes du 11 au 20.	
3	747,69	+ 5,1	91	747,59	+ 8,3	79	747,30	+ 8,5	77	747,72	+ 6,0	88	+ 8,9	+ 3,9	Moyennes du 21 au 31.	
	757,23	+ 3,6	91	756,80	+ 6,4	81	756,45	+ 6,9	79	756,22	+ 4,5	91	+ 7,3	+ 2,5	Moyennes du mois	+ 4,9.

MÉMOIRE

Sur la Théorie des instrumens à vent.

PAR M. POISSON.

(Lu à l'Académie des Sciences le 8 février 1819.)

J'AI lu à l'Académie, au mois de mars de l'an dernier, un Mémoire *sur le mouvement des fluides élastiques contenus dans des tubes cylindriques*, où j'ai considéré sous un nouveau point de vue cette question déjà ancienne parmi les géomètres. La théorie des instrumens à vent que je présente aujourd'hui est une application de ces premières recherches, et elle a pour but principal de faire disparaître les différences essentielles que l'on a rencontrées jusqu'ici entre l'observation et le calcul appliqué à cet objet. Avant d'en faire l'exposition, j'emploie le premier paragraphe de mon Mémoire à rappeler succinctement la théorie admise jusqu'à présent, afin d'en montrer l'insuffisance, et de faire sentir la nécessité de celle que je propose d'y substituer.

Lagrange est le premier qui ait appliqué l'analyse, d'une manière directe, au mouvement de l'air contenu dans un tube d'une longueur donnée. Il suppose l'état initial du fluide donné arbitrairement dans toute la longueur du tube, soit par rapport aux vitesses des molécules, soit par rapport à leurs condensations ; il n'examine pas comment cet état a pu être formé, et il n'a égard à aucune cause qui puisse entretenir ou détruire le mouvement du fluide. L'objet de son analyse est uniquement de déterminer, pour un instant quelconque, les

vitesses et les condensations des différens points de la colonne fluide, d'après les valeurs de ces quantités à l'origine du mouvement. Les résultats ne sont pas les mêmes selon que le tube est ouvert ou fermé à ses extrémités : Lagrange admet, avec tous ceux qui se sont occupés de cette question, qu'aux extrémités fermées, la vitesse du fluide est constamment nulle, et qu'aux extrémités ouvertes, par lesquelles le fluide intérieur communique librement avec l'air du dehors, la condensation est toujours égale à zéro ; dans cette hypothèse, il fait voir que, quel que soit l'état initial du fluide, il exécutera des oscillations égales et isochrones, dont la durée, pour un tube ouvert ou fermé par les deux bouts, sera égale au double de sa longueur divisée par la vitesse du son dans ce fluide, et à deux fois cette même quantité dans le cas d'un tube fermé par un bout et ouvert à l'autre. Il peut arriver que chaque oscillation se partage, dans le premier cas, en un nombre quelconque, et, dans le second cas, seulement en un nombre impair d'oscillations égales : la durée des vibrations de l'air se trouve alors réduite à un sous-multiple de celle que l'on vient d'énoncer ; mais l'analyse montre que, dans ces sortes de cas, la colonne fluide se divise en un pareil nombre de parties égales, qui vibrent simultanément et sont terminées par des points analogues aux extrémités du tube. On appelle *ventres* ceux de ces points dans lesquels la condensation du fluide est constamment nulle, et *nœuds de vibrations* les points où la vitesse est toujours égale à zéro. Ce qu'on appelle le *ton*, et que l'on désigne, en musique, par les différentes notes de la gamme, dépend, comme on sait, de la durée des vibrations du corps sonore, ou du nombre de celles qui ont lieu dans l'unité

de temps, et il est d'autant plus élevé que ce nombre est plus grand : on peut donc, dans la théorie de Lagrange, déterminer le ton le plus bas et la série de tons plus élevés que peut rendre un même instrument, d'après sa longueur et la nature du fluide qu'il contient; en sorte que les résultats de cette théorie sont immédiatement comparables à l'expérience. Elle est un des premiers travaux de ce grand géomètre, qui l'a donnée d'abord dans les anciens *Mémoires de Turin*, et ensuite dans la *Ménonique analytique*. Euler a développé son analyse dans plusieurs Mémoires, sans y faire, ce me semble, aucun changement essentiel.

A la même époque que Lagrange, D. Bernouilli s'occupait aussi de la théorie des instrumens à vent (1). En partant des mêmes hypothèses relativement aux extrémités ouvertes ou fermées des tubes, il parvient à des résultats qui coïncident avec ceux que nous venons d'énoncer. La méthode qu'il suit diffère de celle de Lagrange, en ce qu'il attribue à la colonne fluide un mode particulier d'ébranlement primitif; ce qui laisse à douter si les lois de vibrations qu'il détermine dans cette hypothèse sont les seules qui puissent avoir lieu. Ses recherches sur ce sujet ne sont pas seulement théoriques; on y trouve les résultats d'un grand nombre d'expériences dont les physiciens connaissent toute l'exactitude. La conséquence générale qu'on en peut déduire, c'est qu'un tube d'une longueur donnée fait entendre des tons plus bas que le ton fondamental déterminé par le calcul; tandis que, suivant la théorie, il n'en pourrait

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris*, année 1762.

rendre que de plus élevés, résultans de la division de la colonne vibrante. Cette différence entre le calcul et l'observation est principalement remarquable dans les tubes d'une petite longueur ; elle varie avec l'embouchure par laquelle on souffle pour produire des sons ; et elle dépend aussi de la nature du fluide qui vibre dans le tube. Toutes choses d'ailleurs égales, c'est dans l'hydrogène qu'elle est la plus considérable. Dans des expériences de M. Chladny, sur le ton rendu par ce gaz, le ton observé s'est trouvé presqu'à l'octave grave du ton calculé d'après sa densité ; de sorte que les molécules du gaz ne faisaient, dans l'unité de temps, qu'à-peu-près la moitié du nombre d'oscillations qu'elles auraient dû faire suivant la théorie. Le développement de chaleur, qui rend raison de la différence entre la vitesse du son observée et la vitesse calculée par la formule de Newton, ne saurait expliquer de même l'abaissement du ton des instrumens à vent ; car cette augmentation de l'élasticité du fluide produit encore une augmentation dans la vitesse de ses vibrations, au lieu de la diminution qu'on observe.

M. Biot a donné, dans son *Traité de Physique*, des formules construites sur les observations mêmes, qui servent à corriger les résultats du calcul, soit à raison de l'étendue des embouchures, soit par rapport aux longueurs des tubes. Ces règles peuvent suffire dans la pratique ; mais, sous le rapport de la théorie, la difficulté reste entière ; et l'on est conduit à examiner de plus près les suppositions sur lesquelles elle est fondée, et à considérer la question d'une manière plus générale qu'on ne l'a fait jusqu'à présent.

Observons d'abord que si, après avoir ébranlé d'une

manière quelconque l'air contenu dans un tube, on l'abandonne à lui-même, l'expérience montre que les vibrations deviennent insensibles au bout d'un temps très-court et presque inappréciable : il est donc nécessaire, pour produire un son d'une certaine durée, qu'elles soient entretenues par une cause qui continue d'agir sur le fluide; et ce ne sont pas, comme on a coutume de le faire, les vibrations dues à l'état initial du fluide, mais bien celles qui résultent de cette action constante qu'il importe de déterminer. J'ai indiqué, dans mon premier Mémoire, la cause principale de cette extinction rapide des vibrations de la colonne d'air, qui est due, selon moi, à ce qu'aux extrémités ouvertes ou fermées du tube, la condensation ou la vitesse du fluide n'est pas rigoureusement égale à zéro. En effet, pour qu'il n'y eût aucune vitesse à l'extrémité d'un tube fermé, il faudrait que la matière contre laquelle la colonne d'air s'appuie ne fût aucunement flexible; ce qu'on ne peut jamais supposer dans la pratique; et quant aux tubes ouverts, il est évident que la colonne d'air intérieur qui représente le corps sonore ne peut mettre en mouvement l'air extérieur sans que celui-ci n'éprouve en même temps des condensations proportionnelles aux vitesses qui lui sont imprimées. Il en résulte que les ondes sonores, lorsqu'elles parviennent aux extrémités du tube ouvert ou fermé, n'y subissent pas une réflexion parfaite : à chaque réflexion, la vitesse propre des molécules d'air se trouve un tant soit peu diminuée; et si l'on observe que, dans un tube d'une longueur ordinaire, d'un mètre, par exemple, il se fait plus de 300 réflexions en une seconde, on peut juger du peu de

temps que les vibrations du fluide devront mettre, en général, à s'anéantir. Le frottement qu'il éprouve contre les parois du tube contribue aussi à cette extinction; mais il est aisé de s'assurer qu'il n'en saurait être la principale cause.

Dans la théorie ordinaire des instrumens à vent, on assimile les embouchures aux extrémités ouvertes des tubes, et l'on y regarde comme nulle la condensation du fluide : or, la manière dont il faut souffler dans un tube pour lui faire rendre un son est beaucoup trop compliquée pour qu'on puisse déterminer, *à priori*, ni la vitesse, ni la condensation de l'air intérieur près de l'embouchure; c'est l'expérience seule qui peut décider si la densité du fluide en ce point est invariable; et comme la durée des vibrations, conclue du ton observé, s'écarte sensiblement de celle qui aurait lieu dans la supposition d'une densité constante, il faut rejeter cette hypothèse, et n'en faire aucune autre s'il est possible.

D'après ces considérations, voici comment j'ai envisagé la question qui fait l'objet de ce Mémoire.

Je regarde la vitesse du fluide à l'embouchure du tube comme donnée arbitrairement, et exprimée par une fonction périodique du temps, dont je ne spécifie pas la forme. Cette vitesse est produite et entretenue en soufflant d'une manière quelconque dans le tube, ou tout autrement. Le but qu'on se propose est d'en déduire la vitesse et la condensation du fluide dans toute la longueur du tube; et l'on détermine même, par l'analyse, les variations de densité qui ont lieu à l'embouchure, et qui répondent à cette expression donnée de la vitesse en ce point. Soit que le tube soit ouvert, ou qu'il soit fermé

à l'autre extrémité, j'ai supposé qu'il s'y établit un rapport constant entre la vitesse et la condensation du fluide ; rapport dont je détermine la valeur dans différentes circonstances, et dont je montre qu'on doit admettre l'existence dans tous les cas. En vertu de ce rapport, le mouvement de la colonne fluide devient bientôt périodique, régulier et indépendant de son état initial : c'est à cette époque qu'il importe surtout de le considérer, afin de connaître le ton qui sera produit : or, on parvient à ce résultat général, qu'excepté une classe déterminée de tons, qu'en effet l'observation n'a jamais présentés, aucun autre ton n'est incompatible avec une longueur donnée du tube. Ainsi, dans un tube ouvert à l'extrémité opposée à l'embouchure, la durée des vibrations sonores ne peut être un sous-multiple impair du quadruple de la longueur divisée par la vitesse du son ; et dans un tube fermé, elle ne peut être un sous-multiple pair de cette même quantité ; mais aucun autre mode de vibrations n'est contraire aux lois du mouvement des fluides élastiques. La différence qu'on avait remarquée entre le calcul et l'observation se trouve donc expliquée ; et elle tient, comme on voit, à ce que le calcul était fondé sur des suppositions trop restreintes, qui ne se vérifient pas toujours dans la pratique. Mais il semble en même temps que la théorie soit réduite à rien, puisqu'elle ne fournit plus le moyen de fixer le ton le plus bas ni la série des tons plus élevés que peut rendre un instrument, d'après sa longueur et la matière du fluide qu'il contient. Heureusement il y a un autre point sur lequel les résultats de l'analyse sont précis et déterminés, et peuvent être comparés à l'expérience.

En effet, quel que soit le ton rendu par un instrument et donné par l'observation, l'analyse montre que les ventres et les nœuds de vibrations seront équidistans sur toute la longueur du tube, et que les points de l'une et l'autre espèces se succéderont alternativement à partir de l'extrémité opposée à l'embouchure : la distance entre deux de ces points consécutifs sera égale au quart de l'espace parcouru par le son dans le fluide qui remplit le tube, pendant la durée d'une de ses vibrations ; elle serait double, ou égale à la moitié de cet espace, si l'on ne considérait que des points d'une seule espèce. Le dernier de ces points, en se rapprochant de l'embouchure, peut être un ventre ou un nœud de vibrations ; sa distance à l'embouchure est toujours moindre que l'intervalle compris entre un ventre et un nœud consécutifs.

Pour vérifier ces résultats par l'expérience, supposons que le tube soit bouché par un piston d'une matière très-peu flexible, qui puisse glisser dans son intérieur ; en sorte qu'il soit facile de raccourcir le tube sans rien changer à l'embouchure ni à la manière de souffler. En comparant le ton rendu par l'instrument à celui d'une corde vibrante à son unisson, on connaîtra la durée d'une vibration du fluide, qui sera la même que celle d'une oscillation entière de la corde, l'allée et le retour compris ; car, pour une corde donnée, on sait le nombre de vibrations dans l'unité de temps qui répond à chaque note de la gamme ; et de ce nombre on conclut sans peine la durée de chaque vibration. Si l'on connaît, en outre, la vitesse du son dans le fluide soumis à l'expérience, on en déduira l'espace parcouru par le son peu-

dant cette durée, et en en prenant la moitié, on aura l'intervalle compris entre deux nœuds de vibrations; intervalle que j'appellerai *n*, pour abréger le discours. Cela posé, si *n* surpasse la longueur du tube, il ne se formera aucun nœud de vibrations; de sorte qu'en enfonçant graduellement le piston pour raccourcir le tuyau, le ton changera, et le ton primitif ne pourra pas se reproduire. Si, au contraire, *n* est moindre que la longueur du tube, il arrivera, en enfonçant le piston, un certain point où le ton se retrouvera identique avec le ton primitif : on en conclura qu'on est alors parvenu à un nœud de vibrations; et si la théorie est exacte, la quantité dont le tube aura été diminué devra être égale à *n*. Si *n* est encore moindre que la longueur du nouveau tube, en continuant d'enfoncer le piston, on retrouvera un second nœud dont on sera averti par le ton primitif qui s'y reproduira; et ainsi de suite, jusqu'à ce que la partie du tube qui reste comprise entre le piston et l'embouchure soit devenue plus courte que *n*. Or, l'expérience que nous décrivons d'une manière succincte est précisément celle qu'a faite D. Bernouilli, et dont il a trouvé les résultats tout-à-fait d'accord avec la théorie, telle que nous la présentons. On pourrait aussi, mais un peu moins facilement, vérifier la position des points qu'on appelle *ventres*; car, par leur nature, si l'on coupe le tube en un de ces points, et qu'on le laisse ouvert, le ton de l'instrument ne sera pas changé, pourvu que l'embouchure et la manière de souffler soient restées les mêmes.

Il serait à desirer que cette ingénieuse expérience de D. Bernouilli fût répétée, comme M. Biot se l'est pro-

posé (1), sur des tuyaux remplis de différens gaz, substitués à l'air atmosphérique. Ce serait le seul moyen exact de connaître la vitesse du son dans ces fluides, laquelle s'obtiendrait en mesurant l'intervalle compris entre deux nœuds de vibrations consécutifs, et le divisant par la durée d'une demi-vibration, conclue du ton rendu par le tuyau. En la comparant à son expression analytique, donnée par la théorie du son (2), on déterminerait l'augmentation de température produite par la compression des gaz; et quoiqu'il paraisse singulier de faire servir la gamme à cet usage, le moyen dont nous parlons est cependant le plus propre à comparer ce développement de chaleur dans les gaz de nature diverse, et à en obtenir la mesure approchée. On pourrait même, en faisant l'expérience à différens degrés du thermomètre, reconnaître si la température primitive du fluide influe sur la quantité de chaleur développée par sa compression.

L'analyse qui conduit aux résultats généraux que nous venons d'énoncer est exposée dans le second paragraphe de ce Mémoire. Dans le troisième, j'applique les mêmes considérations aux tubes composés de deux cylindres de différens diamètres; je détermine les modes de vibrations qu'un tube de cette espèce ne peut pas admettre, et par conséquent, les tons qu'il ne peut jamais faire entendre, quelles que soient l'étendue de l'embouchure et la manière de souffler. Pour un ton donné par l'observation, on assigne la position des ventres et des nœuds de vibra-

---

(1) *Bulletin de la Société philomatique*, décembre 1816.
(2) *Journal de l'Ecole polytechnique*, 14e Cahier, pa[illegible]

tions dans toute la longueur du tube : sur chacun des deux cylindres, leur distribution est la même que si le tube avait par-tout le même diamètre ; la distance entre deux de ces points consécutifs ne varie que pour les deux points les plus voisins de la jonction des deux cylindres, et qui la comprennent entre eux : elle dépend, en cet endroit du tube, des longueurs de ses deux parties et du rapport qui existe entre leurs diamètres ; et l'on en peut calculer la grandeur lorsque ces quantités sont données numériquement. Je n'ai pas trouvé d'expériences publiées jusqu'ici auxquelles on puisse comparer ces résultats de la théorie.

Enfin, dans le quatrième paragraphe, j'ai considéré de la même manière les vibrations de deux fluides différens, superposés dans un même cylindre. Ce que dit M. Chladni, dans son *Traité d'Acoustique* (1), pourrait faire croire qu'alors il ne peut se produire un ton régulier et appréciable qu'autant que les deux fluides sont parfaitement mêlés et forment une masse homogène ; mais cette opinion serait contraire à la théorie, d'accord en ce point avec l'observation ; car, dans les expériences que M. Biot a faites sur ce sujet, il a pu observer des séries de tons bien déterminés, rendus par des gaz de nature différente et simplement superposés. Relativement à cette question, j'ai déterminé, comme dans le paragraphe précédent, 1° la classe de tons qui ne peuvent pas être produits d'après les densités des deux gaz, et les longueurs des parties du tube qu'ils occupent ; 2° la distribution des ventres et des nœuds de vibra-

---

(1) Page 89 de l'édition française.

tions dans toute la longueur du tube, qui répondent à un ton donné par l'observation ; et particulièrement la distance comprise entre les deux points de cette nature les plus voisins de la séparation des deux gaz, laquelle distance dépend du ton observé, des longueurs des deux fluides et du rapport de leurs densités. Si l'on voulait que la condensation fût nulle à l'embouchure de l'instrument, le ton le plus bas et tous les tons plus élevés qu'il peut rendre pourraient se calculer par la théorie : les équations qu'il faudrait résoudre pour les déterminer se trouvent dans mon premier Mémoire, et dans l'extrait qu'on en a donné dans les *Annales de Physique et de Chimie* du mois de mars 1818. C'est à ces formules qu'ont été comparés les tons observés par M. Biot ; et quoique le plus souvent le calcul et l'expérience s'accordent suffisamment, il y a cependant des cas, surtout quand l'un des deux gaz est l'hydrogène, où la différence est assez grande pour montrer que ces formules ne renferment pas tous les tons possibles, et que l'hypothèse d'une condensation nulle à l'embouchure, sur laquelle elles sont fondées, n'est pas toujours admissible.

Les résultats relatifs au mouvement de deux fluides élastiques, superposés dans un même tube, subsistent encore lorsque l'un des deux fluides est remplacé par un liquide quelconque ; et pour en faire l'application à ce cas, il suffit de connaître la vitesse du son dans ce liquide. D'après la remarque déjà faite par M. Th. Young et par M. Laplace, cette vitesse, dans une substance quelconque, solide ou liquide, dépend de la densité de la substance et de la contraction qu'elle éprouve sous une pression donnée : ainsi, par exemple, il résulte des

expériences du physicien Canton (1), que l'eau, à la température de 10 degrés centigrades, se contracte de 0,000046 de son volume, sous une charge égale à la pression ordinaire de l'atmosphère : or, on en conclut que la vitesse du son dans l'eau est de près de 1500 mèt. par seconde, ou plus que quadruple de sa vitesse dans l'air. Avec cette donnée, l'on pourra déterminer le mouvement d'une colonne d'air ou d'un gaz quelconque, qui s'appuie sur une colonne d'eau; mais à cause que la densité de l'eau est très-grande par rapport à celle du gaz, il arrive que les vibrations de ce fluide sont sensiblement les mêmes que si l'eau demeurait en repos; en sorte que, dans les expériences d'acoustique, un tube en partie plongé dans l'eau peut, sans crainte d'erreur, être regardé comme un tube fermé, et terminé au point où l'eau s'élève dans son intérieur, ou, autrement dit, ce point peut être considéré comme un nœud de vibrations.

Généralement, une onde sonore qui vient tomber sur la surface de l'eau éprouve, dans la réflexion, un très-petit affaiblissement : en partant des données précédentes, je trouve que, dans cette circonstance, la vitesse propre des molécules d'air ne varie pas d'un quinze centième; en même temps, la vitesse que prennent les molécules d'eau est une pareille fraction de celle des molécules d'air; et si l'on prend pour mesure de l'intensité du son, comme cela paraît naturel, la densité du fluide dans lequel il se propage, multipliée par le carré de la vitesse de ses molécules, il en résulte que quand le son

---

(1) *Transactions philosophiques*, année 1764.

passe de l'air dans l'eau, son intensité s'affaiblit dans le rapport de 1 à 3000 environ, la densité de l'eau étant supposée huit cents fois celle de l'air. Réciproquement, si le son est produit dans l'eau par un moyen quelconque, la vitesse des molécules d'eau n'éprouvera non plus qu'une diminution d'un quinze centième dans la réflexion à la surface de l'air; mais la vitesse transmise que prendront les molécules d'air sera à très-peu près double de celle des molécules d'eau; et l'intensité du son dans l'air sera à son intensité dans l'eau comme 1 est à 200. J'ai donné, dans mon premier Mémoire, les formules très-simples au moyen desquelles ces comparaisons peuvent se faire, pour deux fluides quelconques, lorsqu'on connaît la vitesse du son dans chacun de ces fluides et le rapport de leurs densités.

MÉMOIRE

Sur un nouvel Alcali végétal (la Strychine) *trouvé dans la fève de Saint-Ignace, la noix vomique, etc.*

Par MM. PELLETIER et CAVENTOU.

(Lu à l'Institut de France le 14 décembre 1818.)

LINNÉE pensait que les plantes d'une même famille et, à plus forte raison, celles d'un même genre, étaient le plus souvent douées de propriétés médicales analogues. Murray et Gmelin partageaient cette opinion : c'est en-

core la doctrine que professent les plus célèbres botanistes de nos jours.

Si, comme on n'en peut douter d'après de telles autorités, l'action que les végétaux peuvent exercer sur l'économie animale est en rapport avec leurs formes essentielles, de sorte que les plantes d'une même famille possèdent généralement les mêmes propriétés médicales, n'est-ce pas parce qu'elles contiennent les mêmes *matériaux immédiats*, et avec ceux-ci un même principe dont l'action sur l'économie animale, plus forte, plus énergique, semble imprimer un caractère à toutes les parties du végétal qui le renferment? Et si Gleditsch, Cullen et plusieurs autres ont assuré qu'on ne pouvait juger des vertus des plantes d'après leurs formes extérieures et leurs caractères botaniques, c'est qu'ils attachaient un sens trop littéral aux expressions dont se servaient leurs adversaires. Mais en posant ainsi la question :

Les végétaux doivent leurs propriétés médicales aux matériaux immédiats qui les constituent; les végétaux d'une même famille contiennent le plus souvent les mêmes matériaux ou principes immédiats; la propriété médicale caractéristique, dans chaque végétal, est principalement due à l'un de ces corps; l'intensité de cette propriété est proportionnelle à la quantité du principe qui la détermine, et si ce principe vient à manquer dans une espèce, la propriété médicale caractéristique de la famille manque avec lui; alors l'accord le plus parfait touchant ce sujet régnera parmi les botanistes. C'est dans le but d'établir ces vérités d'une manière incontestable que nous avons entrepris des recherches chi-

miques sur les végétaux les plus actifs de la matière médicale.

Parmi ceux-ci, on a signalé avec raison plusieurs espèces du genre *Strychnos*, et particulièrement la noix vomique et la fève de Saint-Ignace (*strychnos nux vomica* et *strychnos ignatia*). Ces deux graines ont, dans ces derniers temps, attiré toute l'attention des physiologistes, et la première a donné lieu à de savantes dissertations lues dans le sein de l'Académie. Les effets de la seconde ont été aussi observés ; mais les difficultés de se procurer cette semence ont rendu les observations moins nombreuses. Plusieurs travaux chimiques avaient aussi été entrepris sur la noix vomique, et il existait deux analyses de cette semence; l'une publiée par M. Desportes, et l'autre, peu différente, par M. Braconnot. L'on ignorait, au contraire, entièrement la composition de la fève de Saint-Ignace, jusqu'à l'époque où nous étant procuré une certaine quantité de cette substance, nous l'avons soumise à l'examen. C'est en nous occupant de ce travail que nous sommes parvenus à isoler le principe actif de cette matière et des autres *strychnos* vénéneux. Nous l'avons obtenu sous forme cristalline, parfaitement blanc, et avec tous les caractères d'une substance pure et toute particulière, doué des propriétés distinctives et caractéristiques des bases salifiables, c'est-à-dire, de la faculté de s'unir aux acides, de les saturer en formant avec eux de véritables sels neutres, solubles, transparens et cristallisables.

Encouragés par ce succès, nous avons repris l'analyse de la noix vomique, et nous n'avons pas tardé à retrouver dans cette matière le principe alcalin de la fève de Saint-

Ignace. Dans la noix vomique, il constitue, par sa combinaison avec un acide et son mélange avec une matière colorante, *le principe jaune amer* décrit par MM. Desportes et Braconnot. Il existe enfin dans un bois connu sous le nom de *bois de couleuvre*, et que les naturalistes rapportent à un strychnos (*strychnos colubrina*).

L'exposé des propriétés chimiques de la matière active des strychnos et de son action sur l'économie animale, fait le sujet de ce Mémoire.

La présence d'une matière active dans trois espèces de plante d'un même genre nous autorise à faire dériver le nom qu'il est nécessaire de lui imposer comme substance nouvelle, du nom même de ce genre : en conséquence nous proposons d'appeler *strychnine* la substance qui fait le sujet principal de ce Mémoire.

Nous l'avions d'abord nommée *vauqueline*, en l'honneur du célèbre chimiste qui le premier a signalé un *alcali organique* (1); mais nous nous sommes rangés à

---

(1) Rappelant ici une découverte sur laquelle M. Vauquelin a trop peu insisté, on nous permettra de citer le passage où elle est consignée : « Nous étant aperçu que le prin-
» cipe âcre du daphné ne s'évaporait point avec l'alcool, et
» qu'il s'évaporait, au contraire, avec l'eau. Nous avons dis-
» tillé la dissolution de ce principe dans l'alcool, jusqu'à ce
» qu'il ne restât plus de ce dernier, et après avoir étendu le
» résidu avec de l'eau et filtré la liqueur pour en séparer la
» résine verte, nous avons distillé de nouveau cette liqueur
» jusqu'à ce qu'elle fût réduite en consistance sirupeuse.
» Cette substance n'avait plus alors de saveur âcre; mais
» l'eau distillée que nous avons obtenue en avait une très-

l'avis de MM. les commissaires de l'Académie, qui ont pensé *qu'un nom chéri ne pouvait être appliqué à un principe malfaisant.* Nous ne parlerons pas de tous les essais que nous avons faits sur la fève de Saint-Ignace et la noix vomique, pour séparer les différens principes immédiats que renferment ces substances. Nous croyons cependant devoir rapporter les observations qui nous ont

---

» marquée, qui ne se faisait sentir qu'une heure après l'avoir » mise dans la bouche, mais dont l'intensité croissait pendant plusieurs heures, et ne cessait entièrement qu'au » bout de vingt-quatre à trente heures. Voici les phénomènes » que cette eau a présentés aux réactifs : 1° elle rétablit la » couleur du tournesol rougi par un acide ; ce qui prouve » qu'elle contient un *alcali*, ou une autre substance *qui* » *agit de même ;* cependant elle ne verdit pas la teinture » de violette.

» 2°. Elle précipite en blanc l'acétate de plomb, et ce » précipité prend, quand on l'agite, un aspect brillant sa» tiné, comme une ancienne dissolution de savon de suif.

» 3°. L'eau de chaux ni l'eau de baryte n'en éprouvent » aucun changement ; ce qui prouve que cette liqueur ne » contenait pas de carbonates alcalins.

» 4°. Elle précipite le sulfate de cuivre en flocons blan» châtres tirant un peu sur le vert.

» 5°. Elle trouble légèrement le nitrate d'argent ; mais » la liqueur devient rose au bout d'un certain temps. Sont-ce » quelques traces d'ammoniaque contenues dans cette eau » qui produisent les effets qui viennent d'être exposés, ou » serait-ce la matière âcre elle-même ? *Je serais assez* » *disposé à le croire.* »

(*Annales de Chimie*, tome LXXXIV.)

conduits à la découverte de la strychnine, cet exposé pouvant offrir quelque intérêt sous le point de vue de l'histoire de l'analyse végétale.

Extraction de la strychnine.

La texture cornée de la fève de Saint-Ignace, et la quantité de matière grasse qu'elle contient, n'ayant pas permis de la réduire en poudre, nous l'avons divisée au moyen de la râpe. Dans cet état, elle a été soumise à l'action de l'éther sulfurique dans le digesteur à soupape. Nous avons, par ce moyen, obtenu une sorte de beurre ou d'huile de consistance épaisse, d'une couleur légèrement verdâtre, transparente lorsqu'elle est à l'état de fusion. Cette huile, que nous regardions d'abord comme un principe pur, avait sur l'économie animale l'action caractéristique de la fève de Saint-Ignace, et faisait périr les animaux dans les accès du tétanos. Nous verrons plus bas que cette propriété n'appartient pas à l'huile, mais à un corps qu'elle renferme, et que nous n'y soupçonnions pas alors.

La fève de Saint-Ignace, ne cédant rien de plus à l'éther, fut traitée par l'alcool bouillant. Les nombreuses décoctions alcooliques que nous avons été obligés de faire pour enlever à la fève de Saint-Ignace tout ce qu'elle contenait de soluble dans ce menstrue, ont éte réunies après avoir été filtrées deux fois : la première fois, bouillantes, pour les séparer du corps de la semence ; la seconde fois, après être entièrement refroidies, pour obtenir une petite quantité de matière cireuse qui s'était séparée par le refroidissement. Alors elles ont été soumises à l'évaporation, et ont laissé une matière d'un brun jaunâtre,

très-amère, soluble dans l'eau et dans l'alcool. Cette matière avait sur l'économie animale l'action la plus vive et la plus énergique.

Jusqu'ici notre analyse marchait parallèlement avec l'analyse de la noix vomique, telle qu'elle avait été faite par MM. Desportes et Braconnot. Comme ces chimistes, nous trouvions une matière grasse très-active et une matière jaune-brunâtre, très-amère, non moins active que cette dernière. Cependant il nous répugnait d'admettre que deux corps si différens par leurs propriétés chimiques, que la matière grasse et la matière jaune amère, eussent une action semblable sur l'économie animale; et regardant toujours la matière grasse comme une substance homogène et pure; ayant, au contraire, de fortes raisons pour considérer le principe amer coloré comme un composé plus ou moins complexe, notre attention se porta sur ce dernier, et supposant qu'il retenait de la matière grasse en combinaison, nous variâmes nos essais pour l'en séparer entièrement. Nous parvînmes, il est vrai, par plusieurs moyens, à en séparer encore une petite quantité de matière grasse; mais il conservait toujours son activité. Les solutions dans l'eau et l'alcool, l'action de l'éther, des sels, des oxides métalliques, furent en vain éprouvées, et nous restions toujours dans la même incertitude. Enfin, nous étant aperçus que la matière grasse était susceptible d'être saponifiée, nous tentâmes de l'attaquer dans la matière amère colorée, en employant les alcalis, espérant trouver plus de facilité à opérer la séparation de la matière grasse lorsqu'elle serait dans l'état de saponification. Ayant donc mêlé une solution de potasse caustique avec une solution assez

concentrée de la matière jaune amère obtenue de la fève de Saint-Ignace, il se fit sur-le-champ un précipité abondant. Ce précipité, lavé à l'eau froide, dans laquelle il était insoluble, a offert une matière blanche, cristalline, d'une excessive amertume; la liqueur alcaline retenait toute la matière colorante, et un acide sur lequel nous reviendrons par la suite.

Après avoir ainsi obtenu la matière blanche, nous nous hâtâmes d'examiner ses propriétés. Nous nous aperçûmes bientôt qu'elle possédait celle de ramener au bleu les couleurs végétales rougies par les acides, quoiqu'il fût impossible de reconnaître les moindres traces de potasse dans les derniers lavages de la matière blanche. Cependant, pour lever jusqu'au moindre doute, nous préparâmes de nouvelles quantités de matière cristalline, en traitant quelques grammes de matière jaune amère par de la magnésie bien pure, à l'aide de l'ébullition prolongée quelques minutes. Le tout refroidi et jeté sur un filtre qui retient la magnésie et la matière cristalline à l'état de mélange, la matière colorante fut entièrement enlevée par des lavages à l'eau froide, qui n'a que peu d'action sur le principe amer cristallin : celui-ci étant, au contraire, très-soluble dans l'alcool, fut séparé, par ce moyen, de la magnésie, et obtenu dans un grand état de pureté. Dans cet état, il jouissait d'une manière très-marquée des propriétés alcalines.

L'action épouvantablement énergique que cette matière exerçait sur l'économie animale, action constatée par un grand nombre d'expériences rapportées à la fin de ce Mémoire, ne pouvait plus nous faire balancer à regarder cette substance comme le principe actif de la

fève de Saint-Ignace; mais alors il devait se retrouver dans la matière grasse, et celle-ci, en s'en dépouillant, devait perdre ses propriétés vénéneuses. L'expérience a confirmé notre idée. En dissolvant à froid la matière grasse dans de l'éther, nous avons obtenu une certaine quantité de matière cristalline, et nous sommes enfin parvenus à dépouiller la matière grasse de toute action sur l'économie animale, en la faisant bouillir long-temps dans de l'eau acidulée avec l'acide hydrochlorique, qui s'emparait des dernières portions de matière alcaline.

La matière amère cristallisée alcaline de la fève de Saint-Ignace, ou, pour ne plus se servir de périphrase, la strychnine, devait se trouver dans la noix vomique: l'expérience confirma bientôt nos soupçons; mais obtenue par le même procédé, elle n'était ni blanche ni cristalline comme celle fournie par la fève de Saint-Ignace, et il était assez difficile de la reconnaître. Si nous n'avions pas été prévenus en faveur de son existence par nos expériences sur la fève de Saint-Ignace, elle aurait pu échapper à nos recherches comme à celles des chimistes qui nous ont précédés dans l'analyse de la noix vomique. Elle était colorée, poisseuse, se pelotonnait et se prenait en masse. Nous reconnûmes qu'elle était souillée d'une grande quantité de matière grasse dont il fallait la débarrasser. Le procédé le plus prompt et le plus économique pour obtenir pure la strychnine de la noix vomique consiste à en faire un extrait alcoolique qu'on dissout dans l'eau; alors on ajoute dans la liqueur de la solution de sous-acétate de plomb jusqu'à cessation de précipité. Par l'acétate de plomb, on précipite à-la-fois l'acide combiné à la strychnine, la matière

grasse, ainsi que la plus grande partie de la matière colorante et de la gomme qui constituent l'extrait alcoolique de noix vomique.

La strychnine reste en dissolution, unie à de l'acide acétique. La liqueur contient de plus une portion de matière colorante non précipitée par l'acétate de plomb, et quelquefois un excès d'acétate de plomb. On sépare le plomb par l'hydrogène sulfuré; on filtre et on fait bouillir la liqueur avec de la magnésie, qui s'empare de l'acide acétique et précipite la strychnine; on la lave avec de l'eau froide, on la redissout dans l'alcool pour la séparer de la magnésie ajoutée en excès, et par l'évaporation de l'alcool, on l'obtient à l'état de pureté. Si elle n'était pas encore parfaitement blanche, il faudrait la redissoudre dans l'acide acétique ou l'acide hydrochlorique, et la précipiter de nouveau par la magnésie. C'est en employant ce procédé que nous avons retiré de la strychnine du bois de couleuvre (*strychnos colubrina*).

De la Strychnine et de ses propriétés.

La strychnine obtenue par cristallisation, dans une solution alcoolique étendue d'une petite quantité d'eau et abandonnée à elle-même, se présente sous forme de cristaux presque microscopiques, que nous avons reconnus être des prismes à quatre pans, terminés par des pyramides à quatre faces surbaissées. Lorsqu'elle a cristallisé rapidement, elle est blanche et grenue; sa saveur est d'une amertume insupportable; son arrière-goût fait éprouver une sensation qu'on peut comparer à celle que produisent certains sels métalliques; son odeur est nulle;

son action sur l'économie animale est des plus énergiques : nous la décrirons en détail dans la seconde partie de ce Mémoire. Exposée au contact de l'air, elle n'éprouve aucune altération. Elle n'est ni fusible ni volatile; car, soumise à l'action du calorique, elle ne se fond qu'au moment où elle se décompose et se charbonne. Le degré de chaleur auquel sa décomposition a lieu est même inférieur à celui auquel se détruisent la plupart des matières végétales : en effet, ayant cherché à dessécher entièrement de la strychnine pour des expériences subséquentes, en l'exposant, renfermée dans des tubes de verre, à la chaleur de l'huile bouillante, nous avons toujours observé qu'elle se charbonnait au moment où l'huile allait entrer en ébullition (312° à 315°). Chauffée à feu nu, elle se boursoufle, noircit, donne de l'huile empyreumatique, un peu d'eau et d'acide acétique, des gaz acide carbonique et hydrogène carboné : il reste un charbon très-volumineux. Distillée avec le deutoxide de cuivre, elle fournit beaucoup d'acide carbonique, et ne donne que des traces d'azote que nous croyons devoir attribuer à quelques parcelles d'air atmosphérique. Elle est donc composée d'oxigène, d'hydrogène et de carbone, et l'azote ne paraît pas faire partie de ses élémens (1).

---

(1) M. Gay-Lussac, s'occupant, dans ce moment, de la détermination des principes constituans de la morphine et du rapport de leurs proportions, a bien voulu se charger de faire le même travail sur la strychnine. On doit penser avec quel empressement nous avons répondu à une proposition aussi flatteuse.

Malgré sa saveur des plus fortes, la strychnine est presque insoluble dans l'eau. 100 grammes d'eau à la température de 10° n'en dissolvent que 0g,015; elle demande donc 6667 parties d'eau pour se dissoudre à cette température. L'eau bouillante en dissout un peu plus du double; 100 grammes d'eau bouillante en ont dissous 0g,04 : elle est donc soluble dans 2500 parties d'eau bouillante. Nous noterons comme digne de remarque, qu'une solution de strychnine faite à froid, et par conséquent n'en contenant pas $\frac{1}{6000}$ de son poids, peut être étendue de 100 fois son volume d'eau, et conserver encore une saveur très-marquée.

Le caractère principal de la strychnine consistant dans la propriété qu'elle a de s'unir aux acides en formant des sels neutres, nous engage à traiter d'abord cette classe de combinaisons; car, après avoir développé leurs propriétés, il nous restera peu de choses à exposer pour terminer l'histoire de cette substance singulière.

Du Sulfate de strychnine.

L'acide sulfurique s'unit à la strychnine, et forme avec cette base un sel neutre, soluble dans moins de dix parties d'eau froide, plus soluble à chaud, cristallisable par le refroidissement, et mieux encore par évaporation spontanée. Ces cristaux, si le sel est bien neutre, se présentent sous forme de petits cubes transparens. Un excès d'acide détermine une cristallisation en aiguilles déliées. Le sulfate de strychnine, ainsi que tous les sels de cette base, sont d'une excessive amertume; ils sont tous décomposés par toutes les bases salifiables solubles

qui en précipitent sur-le-champ la strychnine. Lorsque l'on verse sur le sulfate de strychnine un peu d'acide nitrique concentré, il prend sur-le-champ une couleur rouge de sang : un excès d'acide nitrique fait ensuite passer la couleur au jaune. Nous reviendrons sur cet effet, qui d'ailleurs est commun à tous les sels de strychnine, lorsque nous traiterons de l'action de l'acide nitrique sur cette base.

Le sulfate de strychnine exposé à l'air n'éprouve d'autre altération que de perdre un peu de sa transparence. Chauffé au bain-marie, il devient légèrement opaque; mais ne perd pas sensiblement de son poids. Exposé à une chaleur un peu plus élevée, il se fond d'abord dans la petite quantité d'eau qu'il paraît contenir, mais bientôt il se prend en masse; par cette opération, il perd $\frac{3}{100}$ de son poids. A une chaleur plus élevée, il se décompose et se charbonne.

Desireux de connaître les proportions d'acide et de base qui constituent ce sel, nous avons pris une mesure d'acide sulfurique étendue d'eau, contenant $0^g,1138$ d'acide sulfurique réel déterminé par l'analyse : pour en opérer la saturation, $1^g,1400$ de strychnine ont été nécessaires. Le sulfate obtenu et desséché jusqu'au point de fusion pesait $1^g,200$. Le poids de la strychnine, ajouté à celui de l'acide, aurait dû donner 1,2538. Il y avait donc eu une perte de 0,0538 provenant d'un peu d'eau contenue dans la strychnine employée, et qui s'en est séparée lors de sa combinaison avec l'acide sulfurique, ou plutôt au moment de la fusion du sulfate.

Les $1^g,200$ de sulfate de strychnine desséché contenant 0,1138 d'acide réel sont donc formés de :

Acide sulfurique,	0,1138;
Strychnine,	1,0862.

Cherchant par le calcul la composition de 100 parties de sulfate, on a, d'après ces données :

Base,	90,501	90,500;
Acide,	9,499	9,500.

De l'Hydrochlorate de strychnine.

L'acide hydrochlorique s'unit fort bien à la strychnine, et forme avec cette base un sel neutre. L'hydrochlorate de strychnine, encore plus soluble que le sulfate, cristallise en aiguilles ou prismes très-déliés, qui se groupent entre eux sous forme de mamelons : ces prismes, regardés à la loupe, paraissent être quadrangulaires; exposés à l'air sec, ils deviennent légèrement opaques. L'hydrochlorate de strychnine, chauffé au point de décomposer sa base, laisse dégager de l'acide hydrochlorique.

Ce sel jouit d'ailleurs des propriétés qui sont communes aux sels de strychnine; propriétés que nous avons rapportées dans le paragraphe précédent.

Du Phosphate de strychnine.

L'acide phosphorique forme avec la strychnine un sel soluble, parfaitement cristallisable. Ce sont des prismes quadrangulaires très-prononcés. On ne peut obtenir le phosphate de strychnine parfaitement neutre que par double décomposition ; car lorsqu'on fait bouillir de l'acide phosphorique étendu d'eau sur un excès de

strychnine, la liqueur surnageante reste toujours sensiblement acide : c'est même dans cet état que le sel cristallise plus facilement. Cette propriété est d'ailleurs commune à plusieurs autres bases salifiables.

Du Nitrate de strychnine, et de l'action subséquente de l'acide nitrique sur cette base.

L'acide nitrique a deux modes d'action sur la strychnine. Quand l'acide nitrique est très-étendu d'eau, il s'unit à la strychnine et forme avec elle un sel neutre. Lorsqu'il est très-concentré, une réaction a lieu entre ses élémens et ceux de la strychnine, et produit des phénomènes remarquables. Nous allons nous occuper de ces deux modes d'action.

Pour préparer le nitrate de strychnine, il faut prendre de l'acide nitrique très-étendu d'eau, y ajouter une quantité de strychnine plus que suffisante pour sa saturation, chauffer la liqueur et la filtrer, afin de séparer l'excès de base non dissoute. On obtient, par ce moyen, une liqueur limpide, incolore, qui, évaporée convenablement, cristallise en une multitude d'aiguilles nacrées qui se groupent entre elles sous forme de faisceaux, de gerbes ou d'étoiles. Ce sel, beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante que dans l'eau froide, est d'une excessive amertume ; son action sur l'économie animale est encore plus violente que celle de la strychnine pure. Il est susceptible de s'unir à une plus grande quantité d'acide : en effet, si l'on prend une solution de nitrate neutre, non assez rapprochée pour cristalliser, mais cependant peu éloignée du point de cristallisation, et si on y ajoute quelques gouttes d'acide nitrique affaibli,

ce sel acide cristallise en aiguilles infiniment plus déliées que celles produites par le nitrate neutre. Mais ce sel acide est altéré par la dessiccation ; il prend une couleur rose due à la réaction de l'excès d'acide sur la base ; réaction dont nous nous occuperons dans un instant.

Le nitrate de strychnine, exposé à une chaleur peu supérieure à celle de l'eau bouillante, jaunit et ne tarde pas à se décomposer. Si on augmente la chaleur, il se boursouffle, se charbonne, et fait entendre un bruit semblable à celui que produit le nitre lorsqu'il fuse avec le charbon. Il n'y a cependant pas de lumière produite si le sel est parfaitement neutre ; mais s'il est avec excès d'acide, il y a déflagration véritable et lumière produite : il reste cependant encore un charbon assez volumineux.

Le nitrate de strychnine est légèrement soluble dans l'alcool ; il est insoluble dans l'éther.

Lorsque l'on verse de l'acide nitrique concentré ou peu affaibli sur de la strychnine, celle-ci prend sur-le-champ une couleur amaranthe qui passe instantanément au rouge de sang : à cette couleur succède une teinte jaune qui devient de plus en plus prononcée, et passe au verdâtre, suivant inversement la marche des anneaux colorés du troisième ordre. L'acide nitrique se colore également en dissolvant la matière. Pendant cette action, l'odeur du gaz acide nitreux se répand d'une manière très-marquée lorsqu'on agit sur une masse assez forte.

L'acide nitrique concentré fait également prendre ces diverses couleurs aux sels de strychnine ; mais, dans ce cas, la couleur rouge est beaucoup plus vive, plus permanente, et il faut beaucoup plus d'acide nitrique pour

la détruire et la remplacer par la couleur jaune. Il paraît que la strychnine combinée aux acides est défendue par eux contre l'action trop énergique de l'acide nitrique. La chaleur augmente beaucoup l'action de l'acide nitrique, de sorte que cet acide, déjà trop étendu pour *rougir* la strychnine à froid, peut souvent produire cet effet à l'aide de la chaleur.

L'acide sulfurique et l'acide hydrochlorique concentrés, versés sur du nitrate de strychnine, déterminent sur-le-champ la couleur rouge. Dans ce cas, c'est à la réaction de l'acide nitrique mis à nu qu'est dû le phénomène. Les autres acides ne produisent pas le même effet, parce qu'ils ne peuvent mettre à nu l'acide nitrique.

Cette propriété que possède la strychnine, et surtout ses sels, de rougir par l'acide nitrique, donne un moyen de reconnaître cet acide mêlé à d'autres acides. Les sels de strychnine sont même des réactifs précieux pour reconnaître la présence d'un nitrate mélangé à d'autres sels. Il suffit d'ajouter au sel dans lequel on soupçonne un nitrate un peu de strychnine, et d'y verser de l'acide sulfurique concentré. La présence du nitrate est rendue sensible par la couleur rouge qui se produit.

Lorsqu'après avoir fait passer au rouge un sel de strychnine par l'addition d'une certaine quantité d'acide nitrique, on ajoute de la potasse, il se fait, si les liqueurs sont assez concentrées, un précipité orangé qui se dissout par une plus grande quantité d'eau. Si, au lieu de potasse, on emploie de la magnésie, on obtient également par la filtration une liqueur orangée; la magnésie est colorée par la même matière, qu'on peut enlever entièrement par le lavage. Les liqueurs, éva-

porées convenablement, donnent un liquide sirupeux qui, par le refroidissement, se prend en masse grenue, formée de nitrate de magnésie et de l'alcali modifié par l'acide nitrique. Dans cet état, la strychnine est encore alcaline; mais son énergie, comme base salifiable, est déjà affaiblie : elle peut cependant encore saturer toutes les liqueurs acides, et former des sels d'une couleur rouge, même avec les acides végétaux les plus faibles.

Les sels jaunes provenant de l'action plus prolongée de l'acide nitrique sur la strychnine et ses combinaisons, traités par la magnésie, donnent aussi une substance alcaline très-soluble; mais, dans cette nouvelle modification, elle a encore une vertu alcaline beaucoup plus faible. Les sels que la striychnine ainsi modifiée est susceptible de former sont jaunes. Si l'on augmente la proportion d'acide nitrique, la teinte jaune devient plus foncée, et prend une nuance verdâtre qu'on ne peut faire disparaître que par une énorme quantité d'acide nitrique. En évaporant la liqueur au moment où la masse devient solide, elle s'enflamme; et si l'on sature la liqueur acide après une ébullition long-temps prolongée, on y découvre la présence d'un acide que nous regardons comme de l'acide oxalique. L'acide nitrique, dans sa réaction sur la strychnine, paraît donc affaiblir de plus en plus sa force alcaline. Il est probable qu'avec des précautions il serait possible de lui faire subir une suite de modifications tendant à produire des substances progressivement moins alcalines, puis neutres, et enfin acides; mais cet objet nous entraînerait loin de notre sujet. Il pourra d'ailleurs donner lieu à un travail subséquent sur ces *alcalis artificiels*. Nous ne terminerons pas toutefois sans faire cette

observation remarquable, que, par l'action de l'acide nitrique, l'alcalinité, l'amertume et la propriété délétère (1) de la strychnine diminuent graduellement, et finissent par disparaître totalement.

Mais comment agit l'acide nitrique ? Est-ce en portant une certaine quantité d'oxigène sur la strychnine sans distraire aucun de ses élémens, ou bien est-ce en enlevant une certaine quantité d'hydrogène, ce qui, pour les résultats, reviendrait à-peu-près au même ? Avant de chercher, non à donner la solution du problême, mais du moins à l'aborder, rapportons quelques autres phénomènes qui se rattachent à la question.

Lorsque l'on fait passer de l'hydrogène sulfuré dans une combinaison rouge de strychnine, sur-le-champ elle se décolore et redevient parfaitement blanche, ou du moins ne retient qu'une teinte jaunâtre provenant quelquefois d'une certaine quantité de sel jaune mélangé; car l'hydrogène sulfuré ne rétablit pas la couleur primitive dans les sels jaunes. Si le sel rouge provient de l'action immédiate de l'acide nitrique sur la strychnine ou sur un de ces sels, on peut rétablir la couleur rouge de la dissolution en la faisant chauffer, parce que, d'une part, on chasse l'hydrogène sulfuré en excès qui s'opposerait à l'action de l'acide nitrique libre contenu dans la liqueur, et que, de l'autre, on détermine cette action elle-même en augmentant la force de l'agent qui la produit. Mais si on prend de l'alcali séparé d'une solution rouge au moyen de la magnésie, si on le sature par un acide non capable de mettre à nu l'acide nitrique du nitrate de

(1) *Voyez* la partie physiologique de ce Mémoire.

de magnésie qu'il peut retenir ; si on décolore la liqueur par l'hydrogène sulfuré, alors on peut chauffer sans rétablir la couleur rouge.

Comment agit ici l'hydrogène sulfuré ? Est-ce en enlevant à la strychnine une certaine quantité d'oxigène que l'acide nitrique lui aurait cédé, ou bien serait-ce en restituant une portion d'hydrogène ? Passons à d'autres faits ; ils nous fourniront encore quelques lumières.

Lorsque, dans un sel rouge de strychnine, on verse une certaine quantité de proto-hydrochlorate d'étain, la couleur rouge disparaît ; une nouvelle quantité d'acide nitrique la fait reparaître ; on la détruit encore par l'hydrochlorate d'étain protoxidé ; et cet effet se renouvelle jusqu'au point où toute la matière est passée au jaune par les additions successives d'acide nitrique ; car l'hydrochlorate de protoxide d'étain ne peut entièrement faire disparaître la couleur des sels jaunes de strychnine. Le proto-sulfate de fer produit un effet analogue, ainsi que le gaz acide sulfureux; mais il est moins marqué à l'égard du premier, à cause de la couleur particulière des sels de fer. Dans ces deux cas, on ne peut supposer d'hydrogène ajouté à la strychnine, à moins d'admettre qu'à la faveur de cette base, l'eau soit décomposée par le proto-hydrochlorate d'étain, le proto-sulfate et l'acide sulfureux.

Nous croyons donc pouvoir considérer la strychnine, dans ses sels rouges, comme à l'état de *protoxide* formé par l'union de l'oxigène avec cette base. Dans les sels jaunes, est-elle à l'état de *deutoxide ?* Nous n'avons pas autant de probabilités sur ce point, et nous ne pouvons

l'admettre que par analogie (1). Sans nous arrêter plus long-temps sur ces objets, qui pourront donner lieu à de nouvelles recherches, nous nous hâtons de revenir à l'examen de la strychnine non oxidée.

Du Carbonate de strychnine.

L'acide carbonique s'unit à la strychnine, et forme avec cette base un sous-sel qu'on peut obtenir par double décomposition. Il se dépose sous forme de magma floconneux. Il est peu soluble dans l'eau, mais il se dissout très-bien dans l'acide carbonique. On peut obtenir cette combinaison en faisant passer de l'acide carbonique dans de la strychnine délayée au moyen de l'eau. Le carbonate acide exposé à l'air laisse dégager son excès d'acide carbonique, et le sous-carbonate se dépose en cristaux grenus.

Des Sels formés par la strychnine et les acides végétaux.

Les acides acétique, oxalique, tartrique, forment avec la strychnine des sels neutres très-solubles, et plus ou moins susceptibles de cristalliser régulièrement. Ces mêmes sels cristallisent plus facilement quand ils sont avec excès d'acide. L'acétate neutre est très-soluble et cristallise difficilement.

---

(1) Nous avons observé des phénomènes analogues avec la morphine; mais comme il n'entrait pas dans notre but d'examiner cette matière, dont un de nos amis s'occupe spécialement, nous n'avons pas poussé plus loin cette observation.

Les acétates, tartrates et oxalates alcalins ne déterminent pas de précipité dans les sels de strychnine formés par les acides minéraux.

De l'Hydrocyanate de strychnine.

L'acide hydrocyanique dissout parfaitement la strychnine, et forme avec cette base un sel que nous avons obtenu cristallisé, mais dont nous n'avons pu déterminer la forme. L'hydrocyanate de strychnine peut être évaporé à siccité sans se décomposer ; car il se redissout dans l'eau, et versé dans une solution de sulfate de fer, il y produit un précipité bleu très-foncé.

L'action de l'hydrocyanate de strychnine sur l'économie animale est consignée plus bas. Ici se terminent nos observations sur les sels de strychnine ; mais l'action de cette base sur les corps simples, sur les oxides et les sels métalliques mérite également d'être étudiée. Nous allons consigner les observations que nous avons faites sur cet objet.

De l'Action de la strychnine sur les corps combustibles et sur les oxides.

Le soufre ne peut se combiner à la strychnine lorsque l'on fait bouillir ces deux corps ensemble dans l'eau distillée : il ne s'exerce aucune action entre eux, et après avoir filtré la liqueur, le soufre reste sur le filtre, et la strychnine passe dissoute si l'on a employé une assez grande masse d'eau.

Lorsqu'on expose à la chaleur un mélange de soufre et de strychnine, on n'observe pas d'action jusqu'au mo-

ment où le soufre entre en fusion ; mais alors la strychnine se décompose, et il se dégage une grande quantité d'hydrogène sulfuré.

Le carbone ne s'unit point à la strychnine. L'iode a sur la strychnine une action très-marquée. Si l'on fait bouillir de l'eau dans laquelle on ajoute de la strychnine et de l'iode, la couleur de celui-ci disparaît, et la strychnine se dissout en grande partie : par la filtration, on obtient une liqueur très-limpide qui fournit par l'évaporation un sel blanc cristallisé en aiguilles. La strychnine agit donc sur l'iode à la manière des alcalis. Il est facile d'ailleurs de reconnaître, dans la liqueur, la présence d'un hydriodate, en ajoutant du chlore, de l'acide sulfurique concentré, etc.

Pour convertir l'iode en acides iodique et hydriodique, il faut employer une quantité de strychnine plus que suffisante à la saturation de la dose d'acide qui se forme. Cela provient probablement du peu de solubilité de la strychnine ; et par conséquent de la difficulté d'établir les points de contact. L'excès de strychnine reste sur le filtre légèrement coloré en jaune. Dans cet état, elle paraît être à l'état d'hydriodate ioduré avec excès de base.

Lorsque l'on fait agir l'iode sur la strychnine en employant une très-petite quantité d'eau, on aperçoit des zones amaranthes et rouges semblables à celles qui résultent de l'action de l'acide nitrique sur la strychnine. Le sel obtenu est aussi légèrement rosé. L'acide iodique qui se forme dans ce cas paraît réagir sur la strychnine, à la manière de l'acide nitrique.

Le chlore agit sur la strychnine d'une manière ana-

logue à celle de l'iode. Lorsque l'on fait passer un courant de chlore gazeux dans de la strychnine délayée avec de l'eau, elle se dissout parfaitement, et par une évaporation spontanée, on obtient une cristallisation d'hydrochlorate qui, dans ce cas, est parfaitement blanc. Si, au lieu d'employer l'évaporation spontanée, on concentre la liqueur par le calorique, alors elle se colore et brunit. Il paraît, dans ce cas, que le chlorate de strychnine qui s'est formé en même temps que l'hydrochlorate, se décompose par la concentration de la liqueur et l'élévation de la température. Nous nous proposons de préparer du chlorate de strychnine par l'union directe de cette base avec l'acide chlorique; nous pourrons alors déterminer d'une manière plus précise le genre d'action du calorique sur ce sel.

Action de la strychnine sur les sels métalliques.

La strychnine, considérée comme base salifiable, doit avoir un rang sous le rapport de son affinité pour les acides. Nous avons déjà vu que la potasse, la soude, la baryte, la strontiane, la magnésie, la chaux, l'ammoniaque, lui enlevaient les acides auxquels elle pouvait être combinée. Nous ignorons si l'alumine, l'yttria et la glucine produiraient les mêmes effets. Quant aux oxides métalliques des autres sections, ils peuvent, pour la plupart, être séparés de leur dissolvant par la strychnine. Pour opérer ces précipitations, il faut prendre une solution de strychnine dans de l'alcool faible : l'eau ne dissout pas assez de strychnine pour produire des précipités sensibles dans les dissolutions métalliques. On peut aussi

faire bouillir la strychnine dans une solution métallique : on la verra s'y dissoudre et l'oxide se précipiter.

Il est cependant des cas où tout l'oxide métallique n'est pas séparé : il se forme alors un sel triple. Si, par exemple, on fait bouillir de la strychnine dans du sulfate de cuivre, on voit aussitôt, à la couleur bleue, succéder une teinte verte ; il se précipite alors une certaine quantité d'oxide de cuivre. La liqueur, filtrée, a une légère teinte verdâtre, et, par l'évaporation, elle donne un sel en très-longues aiguilles : c'est un sulfate triple de strychnine et de cuivre.

Nous avons encore entrevu d'autres sels triples ; mais le temps ne nous a pas permis de les examiner.

De l'Action de la strychnine sur quelques produits des végétaux.

Les acides exceptés, on ne remarque pas d'action sensible entre la strychnine et les autres produits des végétaux, tels que le sucre, la gomme, l'amidon, etc. Les huiles fixes ni les graisses ne la dissolvent pas d'une manière sensible, et la très-légère amertume qu'elle leur communique est une preuve de son peu de dissolubilité dans ces corps. Elle se dissout, au contraire, avec facilité dans les huiles volatiles, et peut cristalliser par le refroidissement lorsque ces liquides en sont saturés à chaud. Nous avons déjà signalé l'alcool comme un dissolvant de la strychnine. Les éthers, au contraire, ne la dissolvent pas sensiblement quand ils sont bien dépouillés de tout acide libre.

Ici se termine l'histoire chimique de la strychnine ; nous croyons cependant devoir dire un mot des sub-

stances auxquelles elle est associée dans la fève de Saint-Ignace et la noix vomique, et terminer ainsi l'analyse de ces graines.

Suite de l'analyse de la fève de Saint-Ignace; expériences sur la noix vomique, etc.

On se rappelle sans doute le procédé analytique au moyen duquel nous sommes parvenus à séparer la strychnine de l'extrait alcoolique de fève de Saint-Ignace; on se rappelle que, par le lavage de la magnésie, on obtient une eau colorée. Cette eau retient la matière colorante, plus une petite quantité de strychnine, et un peu de l'acide qui y était combiné dans la fève de Saint-Ignace, uni à la magnésie en petite portion, mais dont la plus grande partie reste sur le filtre, combiné à un excès de magnésie.

Quoiqu'il soit peut-être impossible de dépouiller entièrement la matière colorante des dernières portions de strychnine et du sel magnésien qu'elle contient, on peut cependant, en évaporant les liqueurs presqu'à siccité, et en reprenant cette matière par de l'alcool faible, l'obtenir assez pure pour en examiner les propriétés : comme elles offrent peu d'intérêt, nous nous contenterons de dire qu'elle est soluble dans l'eau et dans l'alcool, que les acides affaiblissent sa teinte, que les alcalis l'avivent, qu'elle est précipitée par l'acétate de plomb, qu'elle a peu d'affinité pour l'alumine; d'où l'on voit qu'elle diffère peu de la matière colorante jaune qu'on trouve dans la plupart des végétaux.

Quant à l'acide qui sature la strychnine dans la fève de Saint-Ignace, il est plus important de connaître ses

propriétés. Malheureusement il existe en si petite quantité dans cette semence, qu'il est fort difficile de s'en procurer des quantités notables. Il faut si peu d'acide, quelle que soit sa nature, pour saturer la strychnine, qu'on ne doit pas être étonné d'en retrouver également si peu dans les substances dont il est question, malgré que la strychnine y soit à l'état de sel acide.

Quoi qu'il en soit, pour obtenir l'acide, il faut prendre la magnésie qui a servi à obtenir la strychnine, et après l'avoir dépouillée, par l'eau froide, de toute matière colorante, la faire bouillir dans une grande masse d'eau distillée qui dissout le sel magnésien. On évapore la liqueur, et lorsqu'elle est assez concentrée, on y ajoute de l'acétate de plomb; il se fait un échange de base, et l'acide de la fève de Saint-Ignace est précipité, uni à l'oxide de plomb. On sépare le plomb par le gaz hydrosulfurique, et on évapore la liqueur jusqu'à consistance de sirop. On obtient un acide d'autant moins coloré, que la magnésie a été plus lavée à l'eau froide : cependant il l'est toujours; ce qui dépend peut-être de sa nature, ou plutôt de ce qu'il est bien difficile d'isoler totalement la matière colorante jaune de la magnésie à laquelle il était combiné. Cet acide a quelque analogie avec l'acide malique; cependant il en diffère sous plusieurs rapports. Voici les propriétés qu'il nous a paru posséder : évaporé à consistance de sirop et abandonné à lui-même, il cristallise en petits cristaux durs et grenus. Il est très-soluble dans l'eau et dans l'alcool. Sa saveur est acide et très-styptique. Il s'unit aux bases alcalines et terreuses, et forme des sels solubles dans l'eau et dans l'alcool. Sa combinaison avec la baryte est très-soluble et cristallise dif

ficilement et en champignons. Sa combinaison avec l'ammoniaque parfaitement neutre ne forme pas de précipité dans les sels d'argent, de mercure et de fer; mais elle se comporte avec les sels de cuivre d'une manière particulière, et qui semble caractériser l'acide des strychnos (car ce même acide se rencontre dans la noix vomique et le bois de couleuvre) : cet effet consiste dans la décomposition par sa combinaison ammoniacale des sels de cuivre; ceux-ci passent de suite au vert, et il se dépose peu à peu un sel d'un blanc verdâtre, très-peu soluble dans l'eau. L'acide des strychnos semble par là se rapprocher de l'acide méconique; mais il en diffère essentiellement par son action sur les sels de fer. Ceux-ci prennent sur-le-champ une couleur rouge très-foncée avec l'acide méconique; effet que ne produit pas l'acide des strychnos. Nous croyons donc devoir regarder jusqu'à nouvel ordre, mais sans oser l'affirmer, l'acide en question comme particulier, et le désigner sous le nom d'*acide igasurique*, du nom malais par lequel les indigènes désignent, aux Grandes-Indes, la fève de Saint-Ignace. La strychnine serait alors, dans la fève de Saint-Ignace et la noix vomique, à l'état d'igasurate.

Après avoir enlevé à la fève de Saint-Ignace tout ce qu'elle contient de soluble dans l'éther et l'alcool, si on la met en macération dans l'eau froide, elle abandonne au liquide une assez grande quantité de gomme. Du moment où l'eau agit sur le tissu de la fève, la masse se gonfle et occupe un volume très-considérable. Après en avoir séparé la gomme par plusieurs lavages, et un peu d'amidon par l'ébullition, il reste une matière insoluble dans l'eau bouillante, comme gélatineuse, soluble

dans l'acide hydrochlorique, et ayant enfin tous les caractères de la bassorine. Celle-ci enlevée, il ne reste plus que quelques fibres ligneuses.

La fève de Saint-Ignace, incinérée, laisse quelques atomes de cendre dont le poids ne s'élève pas au millième de celui de la matière employée : on peut donc négliger ce résidu, qui, du reste, ne contient qu'un peu de carbonate de chaux et de chlorure de potassium.

La fève de Saint-Ignace est donc composée :

1°. D'igasurate de strychnine;
2°. D'un peu de cire;
3°. D'une huile concrète;
4°. D'une matière colorante jaune;
5°. De gomme;
6°. D'amidon;
7°. De bassorine;
8°. De fibre végétale.

La noix vomique, analysée par le même procédé, fournit les mêmes produits, mais en proportions différentes (1). Elle contient moins de sel de strychnine, mais une plus grande quantité d'huile concrète et de matière colorante. Le bois de couleuvre, encore plus chargé de matière grasse, contient moins de sel de strychnine;

(1) Un kilogramme de fève de St-Ignace a donné 12 grammes de strychnine parfaitement pure. La même quantité de noix vomique n'en a fourni que 4 grammes. Il est probable qu'il en existe une plus grande quantité, mais que l'on perd par les manipulations nombreuses qu'exigent son extraction et sa purification.

la matière colorante jaune y est, au contraire, en plus grande quantité, et la fibre ligneuse remplace entièrement la bassorine et l'amidon.

DEUXIÈME PARTIE.

Expériences physiologiques.

L'action qu'exerce la noix vomique sur l'économie animale a été étudiée avec soin par MM. Delille, Magendie et Desportes, et sous ce point de vue, nous n'aurions rien à ajouter aux travaux de ces physiologistes. Mais à l'époque où ils ont publié leurs expériences, l'analyse de ces semences n'avait pas été faite ; les principes immédiats qu'elles renferment n'avaient pas été isolés, et l'on ignorait absolument à quelle substance ces semences devaient leurs propriétés actives. Ce problème intéressait également le physiologiste et le chimiste. Les expériences analytiques que nous avons rapportées dans la première partie de ce Mémoire nous ont permis de le résoudre. Les différentes substances que l'analyse des strychnos nous a fournies, après avoir été portées au plus haut degré de pureté, ont été administrées, à différentes doses, à divers animaux. Les résultats généraux de ces expériences ont été que, dans la noix vomique, la fève de Saint-Ignace et le bois de couleuvre, le seul principe actif est la strychnine, c'est-à-dire, la base salifiable que nous y avons découverte ; que les autres principes contenus dans les mêmes végétaux, lorsqu'ils sont à l'état de pureté, n'ont aucune action sur l'économie animale ; que les sels de strychnine ont une action plus énergique que la base elle-même, et cela en

raison de leur grande solubilité par la présence d'une petite quantité d'acide ; qu'il n'existe aucune substance capable de former avec la strychnine des combinaisons non vénéneuses ; et par conséquent que les seuls moyens de remédier aux effets de la strychnine et des substances qui la contiennent sont ceux qui, agissant directement sur les animaux, et indépendamment de leur action chimique sur le poison, tendent, soit à l'expulser comme les émétiques, soit à affaiblir les mouvemens spasmodiques, cause de l'asphyxie à laquelle succombent les animaux, comme l'opium, la morphine ; soit à prévenir cette asphyxie par des opérations chirurgicales et les moyens mécaniques indiqués par les physiologistes que nous avons déjà cités.

Expériences et observations sur la strychnine pure.

1°. Un demi-grain de strychnine retirée de la fève de Saint-Ignace fut insoufflé dans la gueule d'un lapin. Après deux minutes, les convulsions se manifestèrent, et l'animal périt, au bout de cinq minutes, dans une attaque de tétanos.

2°. Un demi-grain de strychnine fut introduit dans une incision faite au dos d'un lapin. Le tétanos se manifesta au bout de soixante secondes, et l'animal expira en trois minutes et demie.

3°. Ces expériences, répétées avec la strychnine retirée de la noix vomique, présentèrent les mêmes résultats.

4°. La strychnine administrée, à la dose d'un quart de grain, à des lapins, des cochons d'Inde et des chats, les fit toujours périr dans l'espace de vingt à soixante minutes.

Expériences sur les sels de strychnine.

1°. Un quart de grain de nitrate de strychnine fut donné à un lapin : à la deuxième minute, accès de tétanos, et mort dans les trois minutes suivantes.

2°. L'expérience répétée avec l'hydrochlorate offrit le même résultat.

3°. De la strychnine fut dissoute dans l'acide hydrocyanique ; le sel, évaporé à siccité pour chasser l'excès d'acide non combiné, fut redissous dans l'eau et administré à un lapin, à la dose d'un quart de grain. L'animal succomba aux attaques tétaniques dans l'espace de vingt minutes.

Expériences sur la strychnine oxigénée.

1°. Un grain de strychnine oxidée, précipitée du sulfate rouge, fut donné à un lapin : il eut une forte attaque à laquelle il succomba.

Le nitrate rouge lui-même, administré à des lapins, les fit promptement périr.

2°. Après avoir long-temps fait bouillir de la strychnine dans de l'acide nitrique, afin de faire entièrement passer cette base à l'état d'oxide jaune, on a évaporé l'acide et traité la liqueur par de la magnésie. La matière jaune obtenue, et dont nous avons parlé plus haut, administrée à deux lapins, à la dose d'un demi-grain et d'un grain, n'a produit aucun effet.

Ces deux expériences démontrent que l'action prolongée de l'acide nitrique sur la strychnine détruit ses propriétés vénéneuses, ou, en d'autres termes, que la strychnine sur-oxidée n'a plus cette action énergique sur

l'économie animale qui la caractérise lorsqu'elle est intacte.

Expériences sur la matière grasse.

1°. Un grain de matière grasse retirée de la fève de Saint-Ignace par l'action de l'éther bouillant, a été administré à un chat. Il est mort, au bout de deux minutes, dans un excès de tétanos.

2°. Un demi-grain eût suffi pour tuer un lapin.

3°. La matière grasse redissoute dans l'éther à froid, et traitée par l'eau acidulée pour enlever entièrement la strychnine, a été administrée, à la dose d'un grain, à un lapin : il n'a éprouvé aucun effet. L'expérience a été répétée deux fois.

C'est donc à la présence de la strychnine que la matière grasse non purifiée devait ses propriétés vénéneuses. Ces expériences ont été répétées par M. Magendie, sur des chiens; et il a de plus observé que la strychnine employée médicalement chez un vieillard de soixante-sept ans, à la dose d'un quart de grain, avait produit *des effets non équivoques de secousses tétaniques.* (*Voyez* la note à la fin de ce Mémoire.)

Expériences diverses.

Curieux de connaître ce qu'il arriverait en administrant la strychnine conjointement avec l'opium ou la morphine, pour constater si leur effet narcotique et stupéfiant ne contre-balancerait pas les effets de la strychnine, nous avons fait les expériences suivantes :

1°. Un quart de grain de strychnine, quantité suffisante pour tuer un lapin, fut mêlé à deux grains de

morphine ; le tout, dissous dans l'acide acétique (la morphine non dissoute n'a presque pas d'action sur l'économie animale), fut donné à un lapin : l'animal ne manifesta d'attaque de tétanos qu'au bout d'une heure. Cette attaque fut suivie d'un calme qu'interrompit une seconde secousse tétanique. Le soir, l'animal mangeait bien : cependant il succomba pendant la nuit.

2°. Un quart de grain fut de nouveau administré à un lapin avec six grains de morphine dissoute dans l'acide acétique. *Il ne s'est pas manifesté d'attaque tétanique,* et l'animal bien portant, au bout de trois jours, a servi à d'autres expériences.

3°. Un quart de grain d'acétate de strychnine et dix grains d'acétate de morphine ont été introduits dans une plaie faite au dos d'un lapin. L'animal eut, au bout de trois minutes, une attaque de tétanos assez faible dans ses symptômes, mais qui s'est prolongée trois quarts d'heure. L'animal a succombé. Le tétanos n'a eu lieu que dans la poitrine et les pattes de devant. Les extrémités inférieures et le train de derrière paraissaient immobiles et comme paralysés.

4°. Un quart de grain de strychnine fut administré, avec douze grains d'extrait gommeux d'opium, à un lapin. Au bout d'un quart d'heure, accès tétanique assez violent : l'animal y résista. Plus tard, accès moins fort. L'animal mangea, sembla ensuite s'assoupir. Le lendemain il était mort.

Un physiologiste exercé qui aurait suivi la marche des symptômes dans ces expériences pourrait peut-être tirer des inductions pour la thérapeutique. Nous avons cru devoir nous borner à rapporter les faits : ils serviront

du moins à prouver, comme ceux qui précèdent, que la strychnine, nouvelle substance alcaline et base salifiable, dont nous avons rapporté les propriétés chimiques dans la première partie de ce Mémoire, est la substance active et vénéneuse des strychnos, et particulièrement de la fève de Saint-Ignace et de la noix vomique; que, dans toutes ses combinaisons, elle conserve ses propriétés sur l'économie animale; qu'on peut peut-être, par des moyens thérapeutiques, remédier aux ravages qu'elle exerce; mais que ce serait en vain qu'on chercherait à lui opposer une substance comme antidote capable de prévenir ses effets en la neutralisant.

Note communiquée par M. Magendie.

J'ai examiné les effets de la strychnine sur lès animaux, et j'y ai reconnu tous ceux que M. Delille et moi avons décrits il y a environ dix ans, comme propres à l'upas tieuté de Java, à la noix vomique et à la fève de Saint-Ignace. Comme ces substances, la strychnine exerce une action stimulante spéciale sur la moelle épinière, et produit un vrai tétanos (1); mais son activité m'a paru plus forte que celle de l'extrait alcoolique du strychnos. Un quart de grain du nouvel alcali suffit pour produire des effets prononcés sur un chien de forte taille. Je l'ai employé à cette dose sur un malade âgé de soixante-sept ans, atteint d'une débilité musculaire, suite d'une maladie

---

(1) A raison de cette propriété, j'aurais préféré qu'on nommât ce nouvel alcali *tétanine*. Ce nom aurait été ainsi en harmonie avec celui de la *morphine* et de l'*émétine*, qui rappellent les caractères physiologiques de ces substances.

cérébrale, et pour lequel je me proposais d'employer l'extrait alcoolique de noix vomique. J'ai obtenu sur ce malade des effets non équivoques de secousses tétaniques; et, au bout de huit jours de ce traitement, il avait éprouvé une amélioration remarquable dans ses forces musculaires.

J'ai essayé aussi sur des chiens plusieurs sels de strychnine, tels que le sulfate, le nitrate et le prussiate (1) : ils m'ont paru agir comme la strychnine elle-même, peut-être même avec plus d'énergie. Si ce fait est exact, il en serait de ces sels comme de ceux de la morphine, qui ont, en général, beaucoup plus d'activité que la morphine elle-même.

EXTRAIT *d'un Mémoire sur la Théorie analytique des assurances.*

PAR M. FOURIER.

(Lu à l'Académie des Sciences le 18 janvier 1819.)

ON s'est proposé d'examiner, dans ce Mémoire, les conditions mathématiques de l'assurance mutuelle, c'est-à-dire, de cette association qui consiste à supporter en commun les pertes fortuites, au moyen d'une répartition proportionnelle de ces pertes entre tous les propriétaires.

On suppose que divers particuliers possèdent chacun une propriété dont la perte peut être occasionnée par un événement fortuit, par exemple, l'intempérie des saisons ou l'incendie. Au lieu de demeurer exposés isolément à

(1) Hydrocyanate.

l'incertitude qui résulte de la nature même de leurs propriétés, ils s'unissent entre eux, et conviennent d'acquitter en commun le montant des pertes annuelles. Les biens qui font l'objet de ce contrat ont des valeurs inégales ; ils diffèrent aussi par rapport aux chances de l'événement qui occasionnerait la perte. La question consiste à déterminer, par un calcul exact, quelles doivent être les parts contributives de chaque associé, quels sont les avantages que procurent de semblables traités, et comment ces avantages varient avec le nombre et la valeur des propriétés garanties. Nous allons exposer les principes qui nous ont donné la solution générale de cette question ; ils conviennent aussi à plusieurs autres problèmes d'arithmétique politique, et serviront à multiplier les applications importantes de l'analyse des probabilités.

On reconnaît d'abord que l'acte d'association change totalement la situation personnelle des contractans. Chacun d'eux, avant que le traité n'eût lieu, courait le risque de perdre sa propriété entière ; mais après que l'association est formée, ils sont fondés à regarder comme impossible la perte totale, ou même une perte partielle de quelque étendue ; car il faudrait que le même événement comprît une masse énorme de propriétés.

C'est le sentiment de cet avantage qui a suggéré les combinaisons ingénieuses des assurances ; mais il n'y a qu'une théorie exacte qui puisse donner la mesure des résultats, qui fasse bien connaître les élémens dont ils sont formés, et apprenne à distinguer les conditions vraiment utiles de celles qui sont incertaines ou abusives.

Il faut remarquer que l'effet de l'association est seulement de changer la distribution des chances. Elle

réduit à une valeur extrêmement petite, et supprime en quelque sorte la chance d'une grande perte; mais elle la remplace par les chances d'une perte très-petite, qui deviennent plus nombreuses et plus probables qu'elles n'étaient auparavant. Il s'établit ici une compensation nécessaire que l'on exprime, comme on va le voir, par les principes ordinaires du calcul des probabilités.

Pour évaluer une somme éventuelle, c'est-à-dire, celle que l'on doit recevoir si un certain événement a lieu, il faut multiplier la valeur entière de la somme par la fraction qui mesure la probabilité de cet événement. On ne s'arrêtera point ici à exposer le vrai sens de cette règle. On se borne à remarquer qu'elle n'a point pour objet d'assigner une valeur déterminée dont la possession certaine soit toujours équivalente à la possession éventuelle d'une quantité plus grande; ce qui, en général, ne peut avoir lieu. La règle consiste à exprimer la valeur moyenne qui résulterait certainement de la répétition indéfinie d'événemens du même genre.

On peut, d'après cela, comparer la situation d'un des propriétaires avant la garantie à ce que devient cette situation par l'effet du traité, et l'on trouve que l'expression absolue de sa fortune n'a subi aucun changement. Quels que soient la distribution et le déplacement des chances, la valeur moyenne la plus probable, ou la somme des produits de chaque valeur possible par la probabilité de la recevoir, est une quantité constante qui ne dépend ni du nombre des associés, ni même de l'existence du traité.

Pour découvrir l'origine de l'avantage que procurent les garanties mutuelles, et pour mesurer cet avantage, il ne suffit donc point de connaître la valeur moyenne la

plus probable des sommes éventuelles, il faut aussi avoir égard à la situation personnelle du possesseur. On peut juger, *à priori*, que cette considération est nécessaire; car il est évident que l'avantage cherché dépend de la fortune actuelle de chacun des contractans. Il n'y en a aucun à qui un pareil traité ne soit favorable; mais il le serait beaucoup plus, toutes choses d'ailleurs égales, pour celui qui ne posséderait aucun autre bien, et dont toute la fortune se trouverait ainsi garantie par une association très-nombreuse.

L'avantage que l'on retire d'une valeur ajoutée à sa fortune n'est pas toujours mesuré par la grandeur absolue de la valeur que l'on acquiert; l'avantage est plus grand ou moins grand, selon la situation actuelle de la personne qui doit le recevoir. Cet avantage reçu est une quantité subsistante qui se forme d'une multitude d'élémens inassignables, qui peut varier avec le temps, et qui est propre à chaque personne. Cette quantité est la mesure du prix que chacun met à la valeur proposée. Daniel Bernoully a le premier introduit cette notion dans les questions d'analyse des probabilités. Il considérait que si diverses personnes reçoivent une même somme infiniment petite, elles en retirent des avantages très-inégaux, et que cet accroissement de bien qu'il appelle *emolumentum* est deux fois moindre pour celui dont la fortune est double, et qu'en général l'avantage est en raison réciproque de la fortune précédemment acquise.

L'auteur de la théorie analytique des probabilités a conservé ce principe, non comme donnant une mesure exacte et universelle de l'avantage relatif, mais comme offrant une estimation judicieuse et plausible à laquelle

l'analyse s'applique facilement, et qui est en quelque sorte moyenne entre toutes celles que l'on peut concevoir. La solution générale de la question des assurances mutuelles pourra servir à confirmer de plus en plus le sentiment de ces deux grands géomètres. Elle montre clairement la vérité des conséquences que l'on a déduites de ce même principe. Nous allons maintenant indiquer en quoi la marche de notre solution diffère de celle que l'on pourrait fonder sur l'analyse de Daniel Bernoully.

Si l'on suppose que l'accroissement d'avantage résultant d'une somme infiniment petite est en raison directe de la valeur de cette somme, et en raison réciproque de la fortune acquise, l'avantage que l'on retire d'une somme ajoutée à sa fortune sera représenté par l'ordonnée d'une courbe logarithmique, l'accroissement de l'abscisse désignant l'accroissement de la fortune ou la valeur reçue ; mais il est préférable de ne point déterminer la nature de cette ligne. On conclut sans aucun doute de l'expérience commune, que l'accroissement d'avantage résultant d'une somme reçue est, en général, d'autant plus grand, que cette somme est dans un plus grand rapport avec la fortune actuelle de celui à qui on l'offre. Mais on peut contester que cet accroissement d'avantage soit précisément en raison inverse de la fortune acquise. La fonction qui exprime l'*avantage relatif* peut n'être point exponentielle. La ligne dont l'ordonnée représente cette fonction est différente pour chaque personne ; et non-seulement elle est variable de position, mais elle change aussi de nature, ou avec le temps, ou selon la condition des personnes. Elle n'existe réellement que pour des valeurs moyennes assez peu différentes de celles

que l'on possède; et dans les applications les plus importantes de ces principes, il est inutile de considérer la nature de la courbe pour des intervalles éloignés. Nous supposerons donc seulement que la valeur donnée augmentant par degrés égaux, l'avantage relatif que l'on en retire augmente de moins en moins. Ainsi, la ligne dont l'ordonnée exprime cet avantage tourne sa concavité vers l'axe des abscisses, comme la courbe logarithmique; mais elle peut d'ailleurs différer de cette courbe autant qu'on le voudra. On supposera aussi, et d'après les mêmes motifs, que la fonction dont il s'agit n'est point la même pour différentes personnes, mais qu'elle change, à cet égard, de situation et d'espèce, en conservant toutefois sa forme concave. On peut enfin concevoir des cas extraordinaires où la figure de cette ligne différerait beaucoup de celle que l'on vient d'indiquer. Ces circonstances spéciales sont elles-mêmes comprises dans notre analyse; elles ne changent point les conséquences communes à tous les autres cas : elles répondent à quelques situations singulières qui ne permettent point de retirer d'avantage des établissemens les plus généralement utiles.

Nous passons à l'exposé des résultats principaux de la solution. On conçoit que cette recherche exigeait un examen très-attentif, et une forme particulière d'analyse qui permît de découvrir les conséquences générales sans déterminer les fonctions relatives à la situation personnelle des contractans. L'énumération suivante contient les remarques principales auxquelles donne lieu l'examen de la question, et les conséquences que l'on peut déduire de la solution.

La valeur moyenne la plus probable d'une propriété qu'un événement fortuit peut anéantir, est le produit de la valeur entière par la probabilité que l'on a de la conserver. L'objet des garanties réciproques est de substituer à une propriété vague et incertaine la possession assurée de la valeur moyenne et fixe que l'on détermine par la règle précédente.

Cette valeur moyenne et réduite, un peu moindre que la valeur entière, donne l'estimation exacte de la propriété. La différence ne peut être considérée comme une perte. On ne possédait point cette différence; elle représente la part du sort qui doit être retranchée.

Le produit de chaque valeur par la probabilité de la conserver, ou la valeur moyenne et fixe, est, à proprement parler, la mise de chaque sociétaire. C'est proportionnellement à ces mises, et non proportionnellement aux valeurs engagées, que doivent être répartis les avantages ou les frais de l'association.

Les particuliers qui ne se réunissent pas pour se garantir mutuellement, ou qui ne cèdent pas une très-petite partie de leur propriété, pour conserver le reste avec une entière certitude, retirent de leur possession un avantage relatif sensiblement moindre que celui qui résulterait de la valeur moyenne. L'analyse de la question et la construction qui représente les résultats démontrent la vérité de cette remarque. On voit très-distinctement que le défaut d'association ou d'assurance occasionne une perte réelle. On peut mesurer même l'étendue de cette perte; mais on ne doit point en faire une évaluation commune; car elle ne dépend pas seu-

lement des élémens généraux du traité, elle dépend aussi de la situation propre du contractant.

Dès que l'association est formée, l'avantage relatif attaché à la possession augmente; il est d'autant plus grand que l'association est plus nombreuse. A mesure que l'on augmente le nombre et la masse des propriétés garanties, la valeur effective de chaque propriété croît et s'approche de plus en plus de cette valeur fixe qui constitue la mise, et qui résulte de l'estimation mathématique de la probabilité. Il n'y a que des associations de ce genre ou des assurances fixes qui puissent donner ainsi aux propriétés chanceuses une valeur déterminée et commerciale totalement indépendante de la fortune et de la condition du possesseur.

On peut démontrer les propositions précédentes en employant le principe proposé par Daniel Bernoully. On les démontre aussi sans déterminer la nature de la fonction qui exprime l'avantage relatif. Il suffit de considérer que l'avantage résultant d'une somme reçue est, en général, d'autant moindre que cette somme est une moindre partie de la fortune de celui qui la reçoit. Indépendamment de cette considération, et quelle que puisse être la situation personnelle de celui qui possède une valeur incertaine, on prouve que l'effet d'une association très-nombreuse est de donner à cette quantité une valeur fixe et conforme au calcul mathématique de la probabilité.

L'association qui ne serait point assez nombreuse aurait l'inconvénient de laisser quelque incertitude sur le montant éventuel des parts contributives. Dans ce cas, l'assurance fixe serait plus avantageuse. En général, les

garanties mutuelles contractées par un très-grand nombre d'associés sont préférables, parce que les particuliers s'assurent eux-mêmes, et ne cèdent à personne le bénéfice nécessaire de l'assurance.

Il serait peut-être superflu d'énoncer diverses autres conséquences de la solution générale. L'analyse mathématique comprend dans une seule formule tous les élémens de ces traités, et les rapports que ces élémens ont entre eux. Elle donne la mesure des avantages, et montre clairement comment ils varient avec le nombre des associés, les valeurs garanties, la chance de l'événement qui en causerait la perte, et la fortune actuelle des possesseurs. Elle détermine, par un calcul exact, la probabilité et l'étendue des charges de l'association.

Nous avons supposé que les chances de perte sont toutes inégales, afin de résoudre la question de la manière la plus générale. Communément on divise les propriétés engagées en différentes classes, en estimant d'une manière approchée et d'après l'expérience la probabilité qui convient aux valeurs d'une même classe; cette détermination est sujette à une incertitude inévitable; mais on doit faire, à cet égard, les remarques suivantes :

Premièrement, il est nécessaire sans doute de prévenir des erreurs dans la fixation des parts contributives. Si toutefois ces erreurs ne sont pas graves, elles n'empêchent pas que chacun des contractans ne retire beaucoup de profit de l'association; mais elles altèrent la juste distribution des avantages.

Secondement, les personnes qui ont eu l'occasion de bien connaître les registres des administrations publiques savent que l'on peut y puiser des élémens assez

exacts, recueillis depuis un grand nombre d'années, et qui procureraient une approximation suffisante. Il faut ajouter que la théorie connue des probabilités peut seule diriger l'usage de ces documens et en déterminer la précision.

Enfin, cette première estimation serait rectifiée par l'association elle-même. L'expérience de chaque année ajouterait aux documens primitifs un nouveau degré de précision. Il suffirait donc que le traité existât pour que l'application tendît d'elle-même à devenir plus parfaite.

Il resterait à indiquer plusieurs autres conditions qui doivent être soigneusement observées dans les entreprises de ce genre; mais notre objet principal n'est point d'envisager cette question dans ses rapports avec l'administration publique : ce qui exigerait une discussion d'un autre genre. Il consiste surtout à en exposer les élémens mathématiques et fondamentaux, tels qu'ils sont donnés par l'analyse des probabilités.

Cette théorie difficile, créée en France par Paschal et Fermat, dont les premiers germes furent développés par Huygens, et dont Jacques Bernoully posa les principes fondamentaux, a fait en Angleterre les plus heureux progrès. C'est dans ce pays surtout que, loin de se borner à des vérités spéculatives seulement propres à intéresser l'esprit, elle s'est élevée jusqu'au rang des connaissances positives immédiatement applicables aux premiers intérêts de la société civile. Portée enfin à un très-haut degré de perfection et d'étendue par l'auteur de la théorie analytique des probabilités, et devenue en quelque sorte, dans ce grand ouvrage, une science nou-

velle, elle éclaire aujourd'hui la plupart des recherches de l'arithmétique politique et de la philosophie naturelle. Indépendamment de ses applications et considérée en elle-même, elle appartient aux théories logiques, dont les premières notions se trouvent dans les Traités d'Aristote. Elle ne peut tarder à être comprise dans l'enseignement public des élémens de la philosophie.

La question qui est l'objet spécial de ce Mémoire est un nouvel exemple de l'utilité que l'on peut retirer de cette théorie. Le principe dont nous nous sommes servis pour la résoudre s'applique de lui-même à toutes les questions où l'on ne doit pas seulement considérer les valeurs absolues, mais encore les avantages relatifs qu'elles procurent. On parvient ainsi à l'analyse exacte des contrats qui ont pour objet de rendre la possession plus assurée.

Cette explication met en évidence la perte réelle attachée au jeu de hasard le plus égal, et à plus forte raison à ceux dont les chances ne seraient point équitables; elle fait mieux connaître combien il est préférable de diviser le plus possible les risques que l'on ne peut éviter, au lieu de commettre au hasard tout à-la-fois des valeurs considérables.

On en conclut, par exemple, que les actes d'assurance fixe ou d'annuités éventuelles sont favorables à tous les contractans. Il faut que le gain de l'entreprise soit assuré, et même considérable; il faut aussi que la situation de chaque particulier qui traite avec l'établissement soit rendue beaucoup meilleure : or, ces deux conditions ne sont point opposées, et loin de s'exclure, elles se concilient, et même elles subsistent l'une par

l'autre. Les contrats de ce genre sont, à proprement parler, des échanges qui ne s'accomplissent que parce qu'ils sont profitables aux deux parties.

Cette dernière conséquence devient l'objet d'un calcul exact; car on peut exprimer, par l'analyse mathématique, les propriétés du contrat d'échange; acte fondamental qui se reproduit sous tant de formes diverses dans toutes nos relations civiles; les constructions rendent plusieurs de ces propriétés très-sensibles : mais nous ne pourrions point exposer ici les résultats de cette recherche qui est entièrement nouvelle.

La raison commune et les conseils de l'expérience suggèrent les vérités que l'on vient d'énoncer; mais l'analyse mathématique leur prête toute sa lumière. Elle donne l'estimation précise des avantages que l'on avait pressentis; elle confirme et sanctionne les décisions de la prudence humaine; et plus on approfondit cette étude, plus on découvre de nouveaux motifs d'entretenir l'esprit d'association, et d'honorer les institutions civiles qui en sont le fruit.

Nous ferons remarquer, en terminant cet extrait, que l'élément principal de l'analyse des probabilités est une intégrale définie exponentielle qui s'est présentée dans plusieurs théories mathématiques très-différentes. Les géomètres ont considéré cette fonction d'une manière abstraite et comme un élément d'analyse générale, ainsi qu'on le voit dans les ouvrages d'Euler, et dans les belles recherches qu'un membre de cette Académie a publiées récemment sur le calcul intégral. Cette même fonction appartient à la physique générale. Elle est nécessaire pour exprimer les mouvemens de la lumière dans les

milieux aériformes Nous avons découvert, dans ces dernières années, qu'elle représente aussi la diffusion de la chaleur dans l'intérieur des substances solides. Enfin, elle détermine la probabilité des erreurs des mesures et les résultats moyens des observations nombreuses; elle se reproduit dans la question des assurances, et dans toutes les applications difficiles de la science des probabilités.

Ainsi l'analyse mathématique rapprochant les effets les plus divers, y découvre des propriétés communes. Son objet n'a rien de contingent et de fortuit. Empreint dans toute la nature, il est un élément préexistant de l'ordre universel. Cette science a des rapports nécessaires avec toutes les causes physiques et avec la plupart des combinaisons de l'esprit. Elle ne conserve que les méthodes qui peuvent devenir en même temps plus étendues et plus simples; et ses véritables progrès la ramènent toujours à deux points fondamentaux, l'utilité publique et l'étude de la nature.

Analyse *du foie de bœuf.*

Par Henri Braconnot.

I. Le foie paraît jouer le plus grand rôle dans l'économie animale, puisqu'on retrouve cet énorme viscère dans presque toutes les classes des animaux, et que son existence paraît aussi invariable que celle du cœur et du cerveau; cependant, malgré son importance, je ne connais encore qu'une seule analyse du foie de raie publiée

par M. Vauquelin, il y a environ vingt-huit ans; et c'est ce qui m'a porté à examiner le foie des mammifères en prenant pour exemple celui de bœuf, espérant que cet examen pourrait offrir quelques données utiles à la physiologie.

II. 100 grammes de foie de bœuf pris dans le milieu du grand lobe ont été broyés dans un mortier de marbre; il en est résulté une bouillie demi-liquide que l'on a délayée avec de l'eau : presque toute la substance propre du foie a paru s'y dissoudre; la liqueur a été filtrée à travers un tamis de soie très-fin, et tout a passé, à l'exception d'un tissu vasculaire blanchâtre mélangé à la membrane péritonéale. Ce tissu, bien égoutté, pesait 18,94 grammes; par conséquent 81,06 grammes de parenchyme pulpeux du foie étaient retenus en dissolution dans l'eau : cependant cette liqueur, d'une couleur légèrement rougeâtre, due à une petite quantité de sang, avait un aspect un peu lactescent : elle ne s'est point éclaircie par le repos; mais elle a acquis plus de transparence avec l'acide acétique ou l'acide phosphorique, tandis que les autres acides y ont formé des dépôts abondans.

III. 100 grammes de parenchyme du foie ainsi dissous ou délayé dans environ un litre d'eau tiède ont été exposés à la chaleur de l'eau bouillante; la liqueur s'est coagulée abondamment comme une dissolution très-chargée de blanc d'œuf, et il s'en est séparé un liquide d'une légère couleur jaune que nous examinerons plus bas (XIII). Le coagulum, d'abord blanchâtre, après avoir été égoutté, est devenu d'un blanc rosé dû à la matière colorante du sang : exprimé fortement, puis desséché, il pesait 24,55 grammes.

Action de l'essence de térébenthine sur le coagulum albumineux du foie.

IV. Ces 24,55 grammes de matière coagulée et desséchée ont été réduits en une poudre fine d'une couleur fauve et d'une odeur nauséabonde. Cette poudre a été traitée à plusieurs reprises dans un flacon de verre bouché à l'émeri, avec de l'huile de térébenthine nouvellement rectifiée; on en a aidé l'action en plongeant le vase dans un bain-marie, à une température voisine de l'eau bouillante; les liqueurs ont été passées avec expression à travers un linge sur lequel est resté un marc que nous examinerons plus bas (XII). Ces liqueurs réunies étaient transparentes et d'un jaune brunâtre; elles ont été distillées pour recueillir la plus grande partie de l'huile de térébenthine, et il est resté un résidu brun, lequel, exposé à une chaleur ménagée pour en expulser les dernières portions d'huile volatile, a laissé une huile fixe du poids de 3,89 grammes.

De la Matière huileuse du foie.

V. Elle avait la consistance de l'huile d'olive à demi figée, était un peu visqueuse et d'une couleur rouge brune; c'est elle qui communique au foie cuit l'odeur particulière et une partie de la saveur qu'on lui connaît. Cette huile, exposée au feu dans un creuset de platine, a brûlé avec beaucoup de flamme et de fulliginosités, et a laissé un charbon que l'on n'a pu incinérer, quoiqu'exposé à une forte chaleur. Ce charbon, lavé avec de l'eau chaude, a donné une liqueur acide qui a précipité

l'eau de chaux, comme l'aurait fait une dissolution d'acide phosphorique; cependant la matière huileuse du foie ne rougissait point le tournesol et ne contenait ni acide phosphorique ni phosphate; elle est d'une nature analogue à celle du cerveau, et, comme celle-ci, retient en combinaison le phosphore à l'état de combustible.

VI. L'huile du foie ne se combine point immédiatement avec les alcalis; mais étant chauffée pendant quelque temps avec une dissolution de soude, elle forme un savon brun solide sans qu'il se dégage aucune trace d'ammoniaque.

VII. Cette huile, délayée avec de l'alcool froid à 35°, s'y dissout en toute proportion et sans qu'il s'en sépare de matière grasse concrète.

VIII. Traitée par l'acide nitrique aidé de la chaleur, cette huile s'est convertie en acide phosphorique et en une substance qui avait la consistance et la tenacité de la cire, mais qui s'est dissoute très-facilement dans la potasse et dans l'ammoniaque en formant des liqueurs transparentes brunes qui étaient abondamment précipitées par les acides.

IX. Ces propriétés suffisent pour faire voir que la matière grasse du foie est différente de celles qui sont distribuées dans les autres parties des animaux, si ce n'est pourtant celle du cerveau.

Je me suis servi d'essence de térébenthine de préférence à l'alcool, pour séparer la matière grasse que je présumais devoir être contenue dans le foie; puisque, suivant M. Berzelius, l'alcool ou l'éther convertissent la fibrine et l'albumine en masses adipocireuses, et ne doivent point en conséquence être employés à l'analyse

des substances animales : en effet, ayant traité le coagulum albumineux du foie desséché et réduit en poudre par l'alcool bouillant, la liqueur filtrée a déposé, en refroidissant, une matière floconneuse blanche, se combinant immédiatement avec les alcalis et ressemblant d'ailleurs à l'adipocire.

X. Le liquide alcoolique, évaporé, a fourni un résidu, lequel, chauffé avec de l'eau, a paru s'y dissoudre entièrement, et a formé par le refroidissement une masse visqueuse, satinée, épaisse, que l'eau a facilement délayée en formant une sorte d'émulsion. Les acides et l'infusion de noix de galle y ont formé des dépôts abondans. Ce résidu était composé en grande partie d'huile combinée à de la matière animale; car l'huile séparée du foie par l'essence de térébenthine est absolument immiscible à l'eau : d'ailleurs, il est à remarquer que le cerveau, traité par l'alcool, offre à-peu-près les mêmes résultats que le foie.

XI. Il semblerait, ainsi que l'a avancé M. Berzelius, que l'alcool en agissant sur l'albumine ou la fibrine, les transforme en partie en adipocire; mais il serait possible que ces matières animales continssent une matière grasse toute formée.

Examen du coagulum albumineux du foie épuisé par l'essence de térébenthine.

XII. Le coagulum albumineux (IV), bien desséché, avait l'aspect d'une matière terreuse d'un blanc un peu fauve ; il a fourni beaucoup de carbonate d'ammoniaque à la distillation, et a répandu une odeur de

corne étant brûlé dans un creuset de platine. Le charbon dur et caverneux qui en est résulté n'a pu s'incinérer, quoiqu'étant exposé à une assez grande chaleur. Pulvérisé et traité par l'acide nitrique, puis chauffé au rouge, il s'est brûlé facilement et a laissé une poudre blanchâtre du poids de 0,65 gramm., composée de 0,47 gramm. de phosphate de chaux ferrugineux, et de 0,3 gramm. de sulfate de chaux dont la production paraît due à l'acidification du soufre naturellement contenu dans l'albumine. En retranchant le résidu fixe, ainsi que la matière huileuse provenant des 24,55 gramm. du coagulum albumineux, il restera 20,19 gramm. d'albumine desséchée pour 100 de parenchyme du foie (1).

Examen du liquide séparé du coagulum albumineux du parenchyme du foie étendu d'eau.

XIII. Le liquide (III), d'une couleur opale, a rougi le papier teint en bleu par le tournesol; évaporé, il s'est troublé, et on en a encore séparé une petite quantité d'albumine; l'évaporation, continuée à une douce chaleur, a laissé un extrait difficile à dessécher entièrement et du poids de 6,81 grammes. Il était d'un jaune brunâtre et attirait l'humidité de l'air. Sa saveur rappelait celle de l'extrait de chair musculaire, mais sans en avoir le goût particulier piquant et salé. Il n'a donné aucun indice de la présence de l'ammoniaque ni de l'acide acétique lorsqu'on l'a broyé, soit avec la potasse caustique, soit avec l'acide sulfurique.

---

(1) Ces nombres sont ceux du manuscrit de M. Braconnot; mais ils ne s'accordent pas entre eux. R.

XIV. Sa dissolution dans l'eau a donné avec le nitrate de baryte un dépôt qui a paru se redissoudre dans l'acide nitrique ; mais il s'est bientôt rassemblé un précipité blanc grenu qui n'était point du sulfate de baryte, ainsi qu'on aurait pu le soupçonner ; mais bien du nitrate de baryte qui s'est entièrement redissous dans l'eau (1).

L'eau de chaux, le muriate de chaux et l'acide oxalique n'ont point sensiblement changé la transparence de cet extrait du foie en dissolution dans l'eau.

Le nitrate d'argent y a formé un précipité brun foncé qui s'est redissous en partie dans l'acide nitrique ; il est resté un sédiment blanc de chlorure d'argent.

XV. 2 grammes d'extrait du foie, brûlés dans un creuset de platine, n'ont point répandu l'odeur fétide et alcaline des matières très-azotées soumises à l'action du feu ; le résidu charbonneux s'est inciméré facilement, et a laissé 0,3 grammes de cendres grises, qui ont fourni à l'eau 0,2 gramm. de matières salines. La partie de la cendre insoluble dans l'eau, traitée par l'acide nitrique affaibli, s'y est dissoute en partie, à l'exception d'un résidu charbonneux ; l'ammoniaque versée dans cette liqueur acide en a précipité 0,01 gramm. de phosphate de chaux ferrugineux.

XVI. Les 0,2 grammes de matière saline humectée d'acide acétique n'ont manifesté qu'une légère efferves-

---

(1) Si, dans une dissolution de nitrate de baryte, même assez étendue, on ajoute de l'acide nitrique, celui-ci, en raison de son affinité plus grande pour l'eau qu'elle n'en a pour le nitrate de baryte, le précipite en grande partie. Le nitrate de plomb dissous dans l'eau froide se comporte de la même manière avec un excès de son acide.

cence ; l'alcool en a séparé environ 0,02 gramm. d'acétate de potasse, dont la base alcaline était unie, dans le foie, à un acide destructible par le feu.

XVII. Le résidu de la matière saline insoluble dans l'alcool était presque entièrement formé de chlorure de potassium, et de quelques traces de sulfate de potasse dont la production n'a pu être due qu'au soufre contenu dans les matières animalisées, puisque le nitrate de baryte n'a point indiqué de sulfate dans l'extrait du foie. Ce chlorure, traité par l'acide sulfurique, a dégagé des vapeurs abondantes d'acide hydrochlorique, et le résidu, chauffé au rouge, a fourni du sulfate de potasse sans aucun indice de la présence de la soude.

XVIII. L'extrait du foie, mis en digestion avec de l'alcool froid à 36°, se colore à peine : si on élève la température de l'alcool au-delà de son terme d'ébullition, dans un flacon de verre bouché à l'émeri, plongé dans un bain d'eau entretenue bouillante, l'alcool se colore en jaune et se trouble légèrement en refroidissant, mais ne dissout qu'une petite quantité de matière. J'imaginai, par ce moyen, pouvoir séparer de la matière extractive le sel à base de potasse, composé de l'acide combustible que je supposai être de l'acide lactique ; mais la petite quantité de matière obtenue de la dissolution alcoolique refroidie et évaporée ne donna, après sa combustion, qu'un résidu qui, délayé dans l'eau, ne ramena que très-faiblement au bleu le papier de tournesol rougi par un acide; tandis que l'extrait du foie qui avait résisté à l'action de l'alcool, élevé à la température de l'eau bouillante, laissait, après sa combustion, un résidu alcalin très-sensible.

XIX. Le sel insoluble dans l'alcool, contenant un acide combustible, ne paraît donc point être du lactate de potasse, puisque ce dernier s'y dissout très-facilement; d'ailleurs j'ai appliqué à l'extrait du foie le procédé indiqué par M. Berzelius pour reconnaître l'acide lactique dans les matières animales; mais je n'ai rien obtenu qui fût satisfaisant : au surplus, la trop petite quantité de cet acide combustible, uni à la potasse et disséminé dans l'extrait du foie, m'a empêché de reconnaître ses principales propriétés.

XX. La dissolution dans l'eau de l'extrait du foie est précipitée par l'infusion de noix de galle; mais le dépôt insoluble dans l'alcool n'était pas considérable; ce qui fait présumer qu'il pourrait être dû à un reste d'albumine retenue dans l'extrait. 3 grammes de ce dernier ont été dissous dans l'eau; on y a versé un léger excès d'infusion de noix de galle, et, au bout de vingt-quatre heures, on a filtré : le dépôt recueilli pesait 0,75 gramm. après sa dessiccation; la liqueur, filtrée, fut chauffée avec de l'oxide d'étain, qui s'empara de la matière astringente, et sans doute d'une petite quantité de matière albumineuse qu'elle n'avait pas entièrement précipitée; en sorte que cette liqueur, ainsi traitée par l'oxide d'étain, n'était plus troublée par l'infusion de noix de galle : évaporée, elle a fourni un résidu du poids d'environ 2,5 gramm., qui s'est comporté comme un extrait végétal peu azoté. Sa dissolution dans l'eau, exposée à une douce température, s'est aigrie, mais ne s'est point putréfiée comme la plupart des produits animaux.

XXI. Distillé dans une petite cornue, ce résidu s'est boursoufflé en répandant une odeur qui n'était point

désagréable ; il ne s'est point formé de carbonate d'ammoniaque, mais une petite quantité d'huile brune empyreumatique et un produit acide, lequel, délayé avec de la potasse, a fourni de l'ammoniaque.

XXII. D'après ce qui précède, il résulte que 100 parties de foie de bœuf ont fourni :

Tissu vasculaire et membranes	18,94 ;
Parenchyme	81,06.
	100,00.

100 parties de parenchyme (substance propre du foie) contiennent les matières suivantes :

1°. Eau	68,64 ;
2°. Albumine desséchée.	20,19 ;
3°. Matière peu azotée soluble dans l'eau et peu soluble dans l'alcool	6,07 ;
4°. Huile phosphorée soluble dans l'alcool, analogue à celle du cerveau. .	3,89 ;
5°. Muriate de potasse sans aucun indice de muriate de soude.	0,64 ;
6°. Phosphate de chaux ferrugineux . .	0,47 ;
7°. Sel acidule insoluble dans l'alcool, formé d'un acide combustible uni à la potasse.	0,10.
8°. Sang, quantité indéterminée, mais peu considérable.	
Total.	100,00.

XXIII. J'ai dû être surpris de ne pas rencontrer au moins quelques traces de bile dans la substance du foie, puisque les physiologistes admettent généralement que

la bile est sécrétée dans le tissu de ce viscère, à moins qu'on ne suppose, contre l'opinion reçue, que la bile hépatique ait des propriétés diamétralement opposées à celles de la bile cystique, dont le vrai mode de sécrétion ne paraît pas encore bien dévoilé; ainsi, il est de fait que la vésicule du fiel ne laisse pas de se remplir, quoique le canal cystique soit obstrué. En envisageant cette sécrétion sous le point de vue ingénieux du Dr Wollaston, on peut présumer que le foie, qui est acide, se trouve dans un état d'électricité positive, tandis que la vésicule, qui renferme un liquide alcalin, paraît être dans un état d'électricité opposé.

Il n'est aucun organe, dans l'économie animale, qui soit aussi essentiellement albumineux que le foie; et si on considère les muscles comme des organes sécrétoires de la matière fibreuse du sang, on pourrait pareillement regarder le foie comme sécrétant la matière albumineuse: ce viscère pourrait même remplacer souvent l'albumine dans quelques arts.

XXIV. Le foie offre, dans sa composition chimique, beaucoup d'analogie avec celle du cerveau : cela rappelle une opinion assez singulière d'un philosophe de l'antiquité (1), qui avait cru trouver un certain rapport moral entre ces deux organes. D'après quelques essais faits sur le foie humain, il m'a paru ne pas différer sensiblement de celui de bœuf.

Les reins sont aussi des organes albumineux; mais l'albumine y est en moins grande proportion que dans le foie; ils rougissent à peine le tournesol, contiennent

(1) Platon.

une matière animale analogue à l'osmasome et plus de matière saline que le foie, notamment le sel à base de potasse contenant l'acide combustible.

ANALYSE *des hippomanes trouvés dans le liquide contenu dans la membrane de l'utérus de la vache, appelée* allantoïde.

PAR J.-L. LASSAIGNE.

LES anatomistes vétérinaires ont ainsi nommé ces matières blanches, molles et visqueuses qui nagent dans cette liqueur de l'*allantoïde*, surtout dans les derniers mois de la gestation ; mais ils n'ont eu aucune notion sur leur nature chimique. C'est pour remplir cette lacune que j'ai entrepris les expériences suivantes :

1°. L'eau froide dans laquelle on les a fait macérer n'en a extrait qu'une petite quantité d'albumine et de muriate de soude.

2°. L'alcool et l'éther sulfurique bouillants n'en ont opéré aucune dissolution.

3°. Chauffés avec une solution de potasse caustique pure, ces hippomanes se sont dissous, à l'exception d'une poudre blanche cristalline qui faisait les $\frac{27}{100}$ de la substance employée.

La dissolution alcaline saturée par les acides a laissé précipiter la matière animale sous forme de flocons blancs, qui, d'après les essais auxquels elle a été soumise, jouissait de plusieurs propriétés particulières au mucus.

Curieux de connaître la composition de la poudre cristalline qui avait résisté à l'action de l'alcali, je fis, dans cette intention, de nouvelles expériences.

Cette substance, examinée à l'aide d'une forte loupe, était brillante et transparente comme de petits grains de cristal de roche; elle était rude au toucher et craquait légèrement sous la dent; l'eau froide ou bouillante n'avait aucune action sur elle; les acides nitrique et muriatique concentrés en opéraient la dissolution sans effervescence, et les alcalis la précipitaient ensuite en poudre blanche.

Calcinée dans un creuset de platine, elle s'est décomposée sans se charbonner, et a donné un résidu composé entièrement de sous-carbonate de chaux.

Ces premiers résultats ayant confirmé le soupçon que j'avais que cette matière était un sel dont la base était la chaux, j'entrepris diverses expériences pour en obtenir l'acide, afin de l'examiner et d'en reconnaître la nature.

Pour parvenir à ce but, j'en pris une certaine quantité que je mis dans un matras avec deux fois son poids de carbonate de potasse pur et vingt-cinq d'eau distillée; le mélange fut porté à l'ébullition pendant quelque temps; après quoi, je recueillis la partie insoluble qui avait été transformée en carbonate de chaux; ce qui me prouva que la décomposition double avait eu lieu comme je l'avais espéré. Je saturai exactement, par l'acide nitrique pur, la dissolution qui renfermait la combinaison de cet acide avec la potasse, et pour l'extraire plus aisément, j'y versai de l'acétate de plomb, qui, par l'effet d'une double affinité, produisit un sel insoluble.

Après avoir lavé ce précipité à l'eau chaude, il fut

décomposé par un courant de gaz acide hydrosulfurique : j'obtins alors une liqueur acide qui, par une concentration convenable, cristallisa en aiguilles blanches prismatiques.

Cet acide, chauffé dans un petit tube recourbé en forme de cornue, s'est volatilisé pour la plus grande partie en aiguilles, tandis que l'autre a éprouvé une véritable décomposition. L'eau et l'alcool le dissolvaient avec facilité; l'air ne lui faisait éprouver aucun changement.

Sa dissolution aqueuse précipitait l'eau de chaux et ses sels neutres en poudre blanche, le nitrate de mercure et d'argent en flocons blancs, le sulfate et les autres sels de cuivre en poudre bleuâtre. Cette dernière combinaison, calcinée dans un appareil convenable, a fourni du gaz acide carbonique et du cuivre métallique (1).

Les sels qu'il formait avec la soude, la potasse et l'ammoniaque étaient cristallisables; ils devenaient moins solubles par l'addition d'une petite quantité d'acide.

Enfin, toutes les propriétés physiques et chimiques de cet acide, et ses combinaisons avec les oxides métalliques, prouvent évidemment que c'était de l'acide oxalique, et par conséquent que la matière en question était de l'oxalate de chaux cristallisé.

Le résultat de cette analyse paraît assez intéressant; car, jusqu'à présent, on n'avait point trouvé ce sel comme

---

(1) Propriété qui appartient à plusieurs oxalates métal- nme M. Dulong l'a observé le premier.

faisant partie constituante des substances animales; on ne l'avait encore rencontré que dans les calculs urinaires de l'homme et de quelques animaux.

MOUVEMENT *de la population de Londres, depuis le* 16 *décembre* 1817 *jusqu'au* 15 *décembre* 1818.

Naissances.	Garçons,	12,530;
	Filles,	11,703.
Total		24,233.
Morts.	Masculins,	9882;
	Féminins,	9822.
Total		19,704.

Table détaillée de la mortalité.

Au-dessous de 2 ans,	5381;
Entre 2 et 5,	1815;
5 et 10,	808;
10 et 20,	703;
20 et 30,	1453;
30 et 40,	1884;
40 et 50,	2040;
50 et 60,	1864;
60 et 70,	1585;
70 et 80,	1271;
80 et 90,	675;

Entre 90 et 100 ans,	172;
A 100 ans,	1;
101,	1;
102,	1;
108,	1.

Ce tableau embrasse les 97 paroisses situées dans l'intérieur des murs de la ville, les 17 paroisses extérieures, les 23 paroisses de Middlesex et Surrey, et enfin, les 10 paroisses de la cité de Westminster et de ses dépendances. (*Scots Magazine*. Janv. 1818, p. 81.)

Si l'on compare les résultats précédens à ceux que nous avons ~~insérés~~ tome IX, p. 323 et 409, on verra d'un coup-d'œil ce qu'il y a de pareil et de dissemblable dans les lois de la mortalité à Londres et à Paris. La seule circonstance sur laquelle nous chercherons, pour le moment, à fixer l'attention du lecteur, est la différence considérable qu'on remarque dans les deux tables de naissances, entre le nombre des garçons et celui des filles.

Sur *la grosseur des molécules du sang.*

On lit dans la seconde partie des *Transactions philosophiques* pour 1817, deux Mémoires de Sir Everard Home, *relatifs aux modifications que le sang éprouve en se coagulant.* Nous pourrons essayer d'analyser ces écrits dans les *Annales,* lorsque les physiologistes se seront prononcés sur le mérite des observations et des conjectures qu'on y trouve : pour le moment, nous

nous contenterons d'en extraire quelques évaluations de la grosseur des molécules du sang, dont certainement personne ne contestera la justesse, quand on saura qu'elles sont dues à M. Kater. Voici une exposition suffisamment détaillée de la méthode que ce savant a suivie.

On plaça sur la table qui supportait le microscope dont on voulait se servir dans l'opération, une règle où étaient tracés des pouces et des dixièmes de pouce, *et sous le microscope même* une petite lame de nacre de perle divisée en intervalles de $\frac{1}{200}$ de pouce. Lorsqu'on regardait avec l'œil droit, par exemple, dans le microscope, on voyait les divisions de la petite échelle de nacre amplifiées dans le rapport de l'unité au grossissement de l'instrument; mais si on ouvrait *en même temps* l'œil gauche, on apercevait avec cet œil les divisions *de la règle* dans leur grandeur naturelle : or, ces deux images paraissaient se projeter l'une sur l'autre, et leurs subdivisions pouvaient dès-lors se comparer facilement. M. Kater reconnut ainsi que $\frac{1}{200}$ de pouce, valeur d'une division de la lame de nacre de perle, agrandi par le microscope, embrassait sur la règle, vue à l'œil nu, environ *un* pouce; en sorte que l'instrument amplifiait *deux cents fois* les dimensions linéaires des objets.

Après cette épreuve préliminaire, tout restant dans le même état, on remplaça l'échelle en nacre de perle par quelques gouttes de sang suffisamment étendues : or, une des molécules de ce liquide, observée sous le microscope avec l'œil droit et amplifiée conséquemment deux cents fois, n'occupait néanmoins que la moitié d'un dixième de pouce sur l'échelle voisine, qui était vue, comme dans l'expérience préalable, par l'œil

gauche, et sans l'interposition d'aucun verre grossissant. Mais si deux cents fois le diamètre d'une molécule de sang équivaut à $\frac{1}{20}$ de pouce, le diamètre lui-même doit être égal à $\frac{1}{4000}$ de pouce. Une seconde expérience donna $\frac{1}{6000}$; la moyenne de ces deux résultats ou $\frac{1}{5000}$ de pouce anglais ($\frac{1}{200}$ de millimètre) semble donc être, à très-peu près, la dimension d'une molécule de sang humain.

Ce résultat moyen s'accorde parfaitement avec les déterminations obtenues par M. Wollaston à l'aide de l'ingénieux micromètre de son invention dont on a vu la description et la figure tome IV de ce Recueil, et avec celles que l'emploi de l'*ériomètre* a fournies au D[r] Thomas Young. Nous allons rapporter ces dernières telles qu'elles sont consignées dans l'ouvrage intitulé : *An Introduction to medical literature, etc.* (1 vol. *in*-8°, *London*, 1813), en nous réservant d'expliquer, par la suite, les belles découvertes d'optique sur lesquelles se fonde l'*ériomètre*.

Diamètre d'une molécule de sang de veau.	$= \frac{1}{6660}$ de pouce	$= \frac{1}{260}$ de millim.
Sang humain délayé dans l'eau.	$= \frac{1}{6000}$	$= \frac{1}{240}$
Sang humain, après plusieurs jours de séjour dans l'eau.	$= \frac{1}{5000}$	$= \frac{1}{200}$
Sang de souris.	$= \frac{1}{4620}$	$= \frac{1}{180}$
Sang de raie.	$= \frac{1}{1900}$	$= \frac{1}{70}$

L'expérience est difficile quand on emploie le sang de raie, parce que toutes les molécules n'ont pas la même

grosseur. Le nombre qui précède doit être considéré comme une valeur moyenne.

Suivant Sir Everard Home, la matière colorante du sang enveloppe simplement les molécules et ne pénètre pas dans leur intérieur : son opinion se fonde sur la rapidité avec laquelle chaque globule est dépouillé de sa couleur lorsqu'on le dépose sur un verre chargé d'humidité. Dans cette opération, le diamètre primitif est réduit d'un cinquième environ.

L'objet que l'auteur avait en vue exigeait qu'on recherchât si, pendant sa circulation dans les veines et les artères, le sang ne contiendrait pas quelque fluide élastique en dissolution : M. Brande a reconnu, par des expériences directes, que le sang artériel et le sang veineux renferment, l'un et l'autre, du gaz acide carbonique dans la proportion de deux pouces cubes de gaz pour chaque once de sang. Cet acide se dégage sur-le-champ quand on place quelques gouttes de sang encore chaud sous le récipient d'une machine pneumatique.

Nouvelles Expériences *sur quelques combinaisons du phosphore.*

Par Sir H. Davy.

(Extrait.)

Dans un Mémoire publié dans les *Transactions philosophiques* pour 1812, j'ai donné le détail des expériences sur le phosphore qui m'avaient conduit à la composition de quelques-unes de ses combinaisons avec

l'oxigène, l'hydrogène et le chlore. J'en avais conclu que l'acide phosphorique contient à-peu-près les $\frac{3}{5}$ de son poids d'oxigène, et deux fois plus que l'acide phosphoreux. Des recherches postérieures ont conduit M. Berzelius à admettre dans l'acide phosphorique 128,17 d'oxigène, et M. Dulong 124,5 pour 100 de phosphore. Les détails dans lesquels je vais entrer serviront, je l'espère, à corriger et à fixer le nombre proportionnel du phosphore : ils montreront en même temps la vérité de la série générale des proportions que j'avais assignée à ses composés. On doit supposer que me trouvant si fortement en opposition avec MM. Berzelius et Dulong, je n'ai point adopté mes résultats sans la plus grande circonspection : je ne les ai préférés aux leurs que parce qu'ils ont été confirmés par des expériences délicates et réitérées.

J'étais certain, d'après différentes expériences, que la proportion d'oxigène que M. Dulong assigne pour l'acide phosphorique est beaucoup plus petite que celle que l'on trouve en brûlant de petites quantités de phosphore dans le gaz oxigène : je savais aussi que l'on sépare du phosphore une petite quantité de gaz hydrogène phosphuré, au moyen de l'électricité voltaïque. Il me vint alors la pensée qu'il était possible qu'il se formât de l'eau pendant la combustion du phosphore, et qu'elle se séparât de l'acide phosphorique lorsqu'il entrait en combinaison avec des bases. Pour m'en assurer, je fis passer du phosphore jusqu'à saturation à travers de la chaux chauffée au rouge dans un tube de verre ; mais il ne se produisit aucun fluide élastique, et le phosphure de chaux brûlé dans du gaz oxigène, et converti par là en

phosphate ordinaire, ne laissa apercevoir aucune trace d'humidité.

Convaincu par cette expérience que, dans la combustion du phosphore, il n'y a d'autre cause d'inexactitude que la petite quantité de matière sur laquelle on opère, j'ai cherché à perfectionner ce procédé, et après plusieurs essais infructueux, j'y suis parvenu de la manière suivante :

J'enferme le phosphore dans un petit tube, formé de manière que le phosphore ne peut brûler à l'état de vapeur que par l'ouverture du tube, qui est d'environ $\frac{1}{10}$ de pouce. On peut ainsi en brûler de grandes quantités, au moyen de la lampe à esprit-de-vin, dans une retorte remplie d'oxigène, et déterminer avec précision l'absorption de l'oxigène et la quantité d'acide produit. Il y a seulement une cause d'erreur : il reste une petite quantité d'acide phosphoreux dans la partie supérieure du tube, qu'on ne peut brûler qu'en exposant la retorte à une chaleur plus forte que celle qu'elle peut supporter. Il est difficile d'en déterminer le poids, parce que le tube se combine toujours avec un peu d'acide phosphorique vers son ouverture, qui est rouge ; mais l'erreur qui en résulte est tout-à-fait insignifiante.

Les expériences que j'ai faites en suivant ce procédé, avec le secours de M. Faraday, m'ont donné, pour la composition de l'acide phosphorique :

La 1re, phosphore	100,	oxigène 135,0 ;
2e,	100,	137,2 ;
3e,	100,	131,3 ;
Dont la moyenne est de		134,5.

Je considère la combustion du phosphore à l'état gazeux, dans un grand excès d'oxigène, comme le meilleur procédé qu'on ait employé pour déterminer la composition de l'acide phosphorique. La méthode de M. Dulong (1) me paraît trop compliquée pour donner des résultats exacts; et celle de M. Berzelius (2), quoique ayant donné des résultats qui sont mieux d'accord avec les miens que ceux de M. Dulong, me semble encore plus défectueuse.

Les faits que j'ai cherché à établir concernant le chlore, dans un Mémoire publié dans les *Transactions philosophiques* pour 1810, montrent que le volume équivalent ou proportionnel dans lequel le chlore se combine est à celui de l'oxigène comme 2 est à 1 : il suit de là que 10 grains de phosphore prennent de 76 à 80 pouces cubes de chlore pour former le perchlorure de phosphore.

Dans des expériences postérieures, en mettant le chlore en contact avec le phosphore dans un vase où le vide avait été fait, et en jugeant de l'absorption par la quantité d'eau saturée de chlore qui pouvait entrer dans le vase, j'ai obtenu des résultats exagérés; mais plusieurs causes que je ne connaissais pas alors m'ont induit en erreur, et il est d'ailleurs bien difficile de parvenir à quelque chose de précis en combinant le phosphore avec le chlore. Les deux méthodes de M. Dulong pour déterminer la quantité de chlore dans le perchlorure de phosphore me paraissent tout aussi peu sûres que celle qu'il

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*. II. 141.

(2) *Ibid.* II. 151.

a employée pour déterminer la composition de l'acide phosphorique.

Après avoir beaucoup réfléchi sur les moyens de combiner le chlore avec le phosphore, il me vint dans la pensée qu'en opérant sur l'eau, et en introduisant une dissolution parfaitement saturée de chlore pour absorber la vapeur du perchlorure et de son hydrate formé par l'eau contenue dans le chlore, je pourrais obtenir des résultats à-peu-près précis. Je m'assurai que l'eau, en se combinant avec le perchlorure de phosphore, avait plutôt perdu de son pouvoir de dissoudre le chlore qu'elle n'en avait gagné; de sorte que l'absorption apparente doit avoir été plus petite que l'absorption réelle. En suivant ce procédé, j'ai trouvé que 4 grains de phosphore se combinent avec 31,9 pouces cubes de gaz oxigène, le baromètre étant à 30,1 pouces (anglais) et le thermomètre à 46° Fahrenheit. Ce résultat coïncide exactement avec le résultat moyen de l'absorption de l'oxigène dans la formation de l'acide phosphorique; car, en admettant que 100 pouces cubes de chlore pèsent 76,5 grains, le perchlorure serait composé d'une partie de phosphore et d'environ six de chlore; et en calculant la composition de l'acide phosphorique d'après cette donnée, on trouve, pour 100 parties de phosphore, 135 d'oxigène.

Pour déterminer la composition de l'acide phosphoreux, j'ai changé le perchlorure de phosphore en protochlorure, en le combinant avec une nouvelle proportion de phosphore. On sait que le protochlorure se change en acide phosphoreux et en acide marin par l'action de l'eau. 5 grains de phosphore ayant été convertis en perchlorure, il a fallu 5 autres grains de

phosphore pour les ramener à l'état de protochlorure. Il est clair par là que l'oxigène de l'acide phosphoreux n'est que la moitié de celui de l'acide phosphorique. Si, en effet, la proportion eût été celle indiquée par MM. Dulong et Berzelius, il aurait dû rester au moins 1,67 grains de phosphore après son action sur le perchlorure.

En décomposant 327 grains de chlorure liquide par l'eau, puis par le nitrate d'argent, avec la précaution de séparer promptement le précipité, après l'avoir délayé dans une grande quantité d'eau distillée, j'ai obtenu 98,4 grains pour le poids de ce dernier. En admettant que le chlorure d'argent contient 24,5 pour 100 de chlore, le protochlorure serait composé de 24,108 de chlore et de 8,592 de phosphore. Dans une autre expérience, dans laquelle la décomposition du chlorure fut faite dans une petite bouteille de laquelle aucune vapeur ne pouvait s'échapper, 18,4 de chlorure liquide donnèrent 54,5 de chlorure d'argent; ce qui s'accorde aussi bien qu'on pouvait s'y attendre avec la première expérience. Deux autres expériences, dans lesquelles le chlorure fut versé dans le nitrate d'argent, donnèrent, l'une, pour 6 grains de chlorure liquide, 17,1 de chlorure d'argent, et l'autre, pour 29,4 de chlorure, 89,9 de chlorure d'argent.

Les proportions déduites de ces expériences sont de beaucoup plus petites que celles que j'avais obtenues dans des expériences antérieures; mais il ne me fut pas difficile de reconnaître la cause de cette grande différence. L'acide phosphoreux agit sur le nitrate d'argent d'autant plus vite qu'il est plus concentré, et produit

graduellement un précipité très-abondant; de manière que si l'on emploie un excès de nitrate d'argent, et que l'on ne sépare pas immédiatement le précipité de la solution, on obtient toujours une grande augmentation de poids. MM. Dulong et Berzelius, dont les expériences coïncident avec les premières que j'ai faites, *peuvent* avoir été trompés par la cause que je viens d'indiquer, comme je suis sûr de l'avoir été.

Ces divers résultats sur la combinaison du phosphore avec l'oxigène et le chlore s'accordent assez entre eux pour donner le moyen de déterminer le nombre proportionnel du phosphore.

Si l'on part de l'absorption de l'oxigène, et que l'acide phosphorique soit supposé renfermer deux proportions d'oxigène et une de phosphore, le nombre proportionnel de ce dernier sera 14,87, celui de l'oxigène étant 10; ou bien, si l'acide phosphorique est supposé contenir 4 proportions d'oxigène, le nombre proportionnel du phosphore sera 29,74.

D'après les proportions du perchlorure de mercure, le nombre proportionnel du phosphore sera 14,8, ou le double 29,6. Enfin, si l'on part de la quantité moyenne du chlorure d'argent obtenu en précipitant le protochlorure de phosphore par le nitrate d'argent, on aura 15,67, ou le double 31,34. En prenant la moyenne de ces diverses expériences, le nombre proportionnel du phosphore sera 15,11, ou le double 30,22.

En consultant les diverses analyses qui ont été faites des phosphates, pour savoir si elles correspondaient avec les nombres que je viens de donner, j'ai trouvé de telles discordances qu'on ne peut en tirer aucune conclusion.

Le phosphate de soude, comme on sait, a des propriétés alcalines; cependant, d'après M. Berzelius, il ne doit contenir que 17,67 de soude et 20,33 d'acide; tandis que, d'après mes expériences, ses proportions, en le supposant neutre, seraient à-peu-près autant de soude que d'acide. Il faut de nouvelles recherches pour expliquer les anomalies que présentent les phosphates.

Je vais rapporter trois expériences sur la quantité d'hydrate de potasse nécessaire pour saturer des quantités données d'acide phosphorique.

18 grains de phosphore, convertis en acide phosphorique par la combustion dans l'oxigène, exigent pour leur saturation 47 grains d'hydrate de potasse.

5,7 grains de phosphore, convertis en acide, ont exigé, dans une autre expérience, 14,7 d'hydrate de potasse.

5 grains de phosphore, changés en perchlorure, ont demandé pour leur parfaite neutralisation 68 grains d'hydrate de potasse.

Ces trois expériences s'accordent si bien entre elles et avec le nombre proportionnel que j'ai donné pour le phosphore, qu'il est impossible de ne pas leur accorder beaucoup de confiance.

Nous devons à la sagacité de M. Dulong la découverte d'un acide qu'il a nommé *acide hypophosphoreux*, et qu'il suppose contenir moitié moins d'oxigène que l'acide phosphoreux. Je me suis satisfait moi-même quant à l'existence de cet acide et à ses propriétés; mais je ne puis regarder la méthode employée par M. Dulong, pour en faire l'analyse, comme ayant droit à la confiance.

Au lieu de l'hypophosphite de soude, j'ai employé l'hypophosphite de baryte. J'ai trouvé que ce sel, chauffé dans des vaisseaux fermés, se change en phosphate acide de baryte; il se dégage un fluide élastique presque entièrement composé d'hydrogène perphosphuré, et on n'obtient pas sensiblement d'eau. D'après cela, si l'on suppose que l'on connaisse le proportion de l'acide phosphorique dans le phosphate de baryte, et celle du phosphore dans l'hydrogène phosphuré, il sera très-aisé, en décomposant l'hypophosphite de baryte, de connaître la composition de l'acide hypophosphoreux. En effet, en précipitant ce sel par le sulfate de soude, on connaît la baryte qu'il contient, et en décomposant une autre portion du même sel par la chaleur, on obtient de l'hydrogène perphosphuré et du phosphate acide de baryte, dont l'acide est formé en partie par l'oxigène de l'eau contenue dans l'hypophosphite, et qu'on peut déterminer par la quantité d'hydrogène perphosphuré. En suivant cette méthode, j'ai constaté que l'acide hypophosphoreux contient moitié moins d'oxigène que l'acide phosphoreux. Ainsi, les séries des proportions dans les acides du phosphore sont :

Acide hypophosphoreux,	phosphore	30,13	oxigène	10;
Acide phosphoreux,		30,13		20;
Acide phosphorique,		30,13		40.

M. Dulong a avancé une opinion ingénieuse, savoir : que l'acide hypophosphoreux *peut être considéré* comme un composé triple d'hydrogène, d'oxigène et de phosphore. On peut aussi le considérer comme formé d'acide phosphorique et d'hydrogène perphosphuré. En effet,

l'hydrogène perphosphuré, comme on peut le déduire des expériences de M. Dulong, a les propriétés d'un alcali très-faible, et lorsqu'il est dégagé des hypophosphites, ils deviennent acides. Cette manière de le considérer s'accorde très-bien avec les nombres proportionnels de l'acide phosphorique et de l'hydrogène phosphuré. Si on l'adoptait, les hypophosphites devraient être considérés comme des composés triples, analogues aux sels formés par un alcali et une terre.

M. Dulong pense que l'acide formé par la combustion lente du phosphore dans l'air, et que j'ai supposé être un mélange d'acide phosphorique et d'acide phosphoreux, est un composé chimique de ces deux acides, qu'il nomme *acide phosphatique*. Je ne puis dire que ses argumens donnent beaucoup de probabilité à cette opinion. Cette substance n'a aucune forme cristalline, aucun caractère qui la distingue d'un simple mélange d'acide phosphoreux et d'acide phosphorique; et autant que j'en puis juger par mes expériences, il est loin d'avoir une composition uniforme.

Dans mon Mémoire cité sur la combinaison du phosphore avec l'oxigène, j'ai dit que l'acide phosphoreux est décomposé par la chaleur, et qu'on obtient pour produits de l'acide phosphorique et de l'hydrogène perphosphuré. En examinant la nature de l'acide phosphorique, j'ai reconnu qu'il contient de l'eau, et qu'il est par conséquent hydraté. J'ai trouvé pareillement, en conduisant l'expérience avec soin, qu'il se dégage un peu d'eau avec l'hydrogène perphosphuré. Voici les résultats d'une expérience : 17,5 grains d'acide phosphoreux ont produit 6,5 pouces cubes de fluides élasti-

ques, et le poids de la retorte a diminué de 4 grains. Maintenant, si l'on prend les 13,5 grains restans pour de l'acide phosphorique hydraté, et que l'on admette, d'après la loi des proportions définies, que cet acide contenait 1,88 d'eau, et que l'hydrogène bi-phosphuré pesait 1,937, et était composé de 1,6446 de phosphore et de 0,2924 d'hydrogène; alors l'oxigène, dans l'acide phosphoreux, serait au phosphore comme 44 est à 66; résultat aussi exact qu'on pouvait s'y attendre. Je ne doute nullement que l'acide que j'avais employé dans mes anciennes expériences ne fût plus sec que celui que j'ai employé dans la dernière; ce qui rend raison de la différence des résultats.

En terminant, je ferai quelques observations sur les composés de phosphore.

M. Dulong établit qu'il ne se forme point d'acide phosphoreux lorsqu'on brûle le phosphore dans un excès d'oxigène ou d'air atmosphérique, comme il dit que je l'ai avancé. Je ne crois pas avoir fait nulle part une telle assertion; mais elle est vraie, quoi qu'en dise M. Dulong, comme le prouve l'expérience suivante: j'ai brûlé un demi-grain de phosphore dans 16 pouces cubes d'air commun; l'acide produit a été dissous dans de l'eau distillée, passé à travers un filtre et évaporé. Lorsqu'il a été évaporé presque à siccité, il s'en est dégagé de petits globules d'hydrogène phosphuré, indiquant la présence de l'acide phosphoreux. L'expérience répétée deux à trois fois, avec la précaution de bien séparer la poudre rouge que l'on a considérée comme un oxide de phosphore, m'a constamment donné le même résultat.

Toutes les fois que l'on enflamme le phosphore dans un excès d'oxigène et qu'on le laisse s'y éteindre, on trouve toujours dans les produits un acide qui, combiné avec l'eau, fournit de l'hydrogène phosphuré par la chaleur, à moins qu'il ne soit chauffé très-fortement après la combustion du phosphore. Ce fait, et la circonstance qu'il se produit beaucoup d'acide phosphoreux dans de l'air raréfié, rend presque certain que cet acide est une combinaison directe d'oxigène et de phosphore, et détruit l'idée que l'on pourrait autrement se former d'après la décomposition de son hydrate par la chaleur, savoir : qu'il est formé de trois proportions d'acide phosphorique et d'une d'hydrogène phosphuré.

MM. Dulong et Berzelius parlent de dépouiller le chlorure liquide de son excès de phosphore par la distillation. Dans les expériences faites à l'Institution royale, on l'a distillé deux fois avec beaucoup de soin, à une basse température, et néanmoins il contenait encore un peu de phosphore.

On a supposé que l'acide phosphorique anhydre est fixe à une chaleur blanche ; mais j'ai trouvé qu'il n'en est point ainsi : il s'élève rapidement en vapeurs à cette température, et s'évapore même au point de fusion du flint-glass ; mais l'acide phosphorique hydraté se volatilise à une température beaucoup plus basse.

En convertissant le sublimé solide de phosphore et de chlore en chlorure liquide, au moment où le phosphore est mis en contact avec le sublimé, il se forme une masse cristalline jaune, d'où la chaleur dégage du chlorure liquide, et il reste du phosphore. Il est possible que cette masse jaune soit un composé de chlore et de

phosphore, contenant moitié moins de chlore que le chlorure liquide. Si des expériences ultérieures prouvent la réalité de cette conjecture, elles donneraient du poids à l'idée que l'acide hypophosphoreux est un composé binaire d'oxigène et de phosphore.

(Extrait du Mémoire de Sir H. Davy, imprimé dans *The philosophical Magazine, etc.* Décembre 1818.)

Faits *relatifs à la formation et à la décomposition du sucre, ainsi qu'à la production artificielle du carbonate de chaux cristallisé.*

Par J.-F. Daniell.

(Extrait.)

J'ai souvent répété avec succès le procédé de M. Kirchoff pour convertir l'amidon en sucre, en faisant bouillir l'amidon avec de l'eau acidulée par l'acide sulfurique pendant trente-huit à quarante heures; mais j'ai voulu savoir si la chaleur de l'eau bouillante est absolument nécessaire, et si on ne pourrait pas réussir à un degré plus faible de température, long-temps continué.

J'ai fait un mélange de 400 parties d'eau froide, 2 d'acide sulfurique concentré et 100 d'amidon, et après l'avoir bien agité, je l'ai mis dans une étuve à la température de 38 à 50 degrés, en ayant l'attention de remplacer l'eau perdue par l'évaporation. Au bout de trois semaines, le mélange n'avait éprouvé aucun changement.

Un nouveau mélange fait avec de l'eau bouillante, au lieu d'eau froide, et placé comme le premier dans une étuve pendant le même temps, n'a présenté qu'une gelée claire, sans aucune apparence de sucre.

M. Cruickshank, en traitant le sucre par le phosphure de chaux, a obtenu une substance qu'il a décrite comme une gomme. En ayant préparé par le même procédé, je lui ai trouvé en effet les caractères extérieurs de la gomme; mais elle avait une saveur amère, accompagnée d'une saveur douceâtre. Voulant essayer si elle pouvait être changée en sucre par le procédé de Kirchoff, je l'ai mêlée avec un peu d'acide sulfurique; et, à ma grande surprise, elle a perdu sur-le-champ sa saveur amère et a repris la saveur sucrée : il s'est formé en même temps un précipité de sulfate de chaux. Je me suis assuré, par plusieurs expériences qu'il est inutile de rapporter, que cette substance, considérée comme une gomme et décrite comme telle dans tous nos systèmes de chimie, n'est qu'un composé de sucre et de chaux : sa saveur est fortement alcaline, et elle rougit le papier de Curcuma (1).

M. Cruickshank a découvert, dans la même série d'expériences, la combinaison directe de la chaux et du sucre; mais il la distingue de la précédente obtenue avec le phosphure. D'après mes expériences, elles sont, au contraire, identiques. J'ai fait bouillir ensemble, pendant demi-heure, 1000 p. de sucre, 600 de chaux vive et 1500 d'eau : j'ai examiné le liquide après son refroidissement, et je lui ai trouvé une saveur amère forte-

---

(1) L'hypophosphite de chaux étant très-soluble, il doit s'en trouver avec cette substance. R.

ment astringente, accompagnée d'une légère saveur sucrée. Il contenait 16,5 pour 100 de chaux, d'après l'analyse que j'en ai faite par l'acide oxalique, et 33,2 de sucre. Evaporé lentement, il a donné une masse solide, demi-transparente, d'une couleur jaune, avec une cassure vitreuse qui ressemblait beaucoup à de la gomme.

Lorsqu'on abandonne une solution de chaux dans le sucre à elle-même, pendant quelques mois, il s'y opère un changement très-remarquable : il se forme, à sa surface et sur les parois du vase, du carbonate de chaux en petits cristaux bien définis : ce sont des rhomboèdres très-aigus. En même temps la solution perd ses propriétés : elle se change en une gelée semblable à celle qui aurait été obtenue en dissolvant l'amidon dans l'eau chaude, et qu'on aurait laissé refroidir. Il faut de neuf à douze mois pour opérer ce changement; mais les cristaux de carbonate de chaux se laissent apercevoir en beaucoup moins de temps. Quelquefois, au lieu de gelée, j'ai obtenu une substance blanche, sans saveur, d'une consistance pâteuse, s'élevant continuellement, par affinité capillaire, sur les bords du vase : elle se dissout dans l'eau bouillante, et, par le refroidissement, se prend en gelée.

La dissolution de la gelée dans l'eau n'est point affectée par l'iode; l'acide oxalique n'y produit qu'un très-léger dépôt : elle est précipitée par l'alcool, l'acétate de plomb et le nitro-muriate d'étain. Par l'évaporation, elle donne une masse solide, demi-transparente, à cassure vitreuse, légèrement colorée en brun, et se dissolvant de nouveau dans l'eau.

Il résulte de ces expériences que le sucre, par l'action

lente que la chaux exerce sur lui, se change réellement en mucilage.

Je ferai maintenant quelques remarques sur le raffinage du sucre.

Il est probable que la chaux a été employée d'abord pour saturer les acides libres qui existent dans le suc de la canne, et l'expérience aura bientôt appris qu'un excès de cette terre alcaline donnait un meilleur produit. D'après cela, il était naturel d'essayer de l'employer aussi dans le raffinage du sucre; et maintenant on s'en sert constamment avec avantage pour cette opération, quoiqu'on n'ait donné aucune raison pour son usage. Dans le premier cas, elle est employée sous forme solide, et ajoutée au suc de canne à la discrétion du *bouilleur*; mais j'ai lieu de croire que son trop grand excès est très-nuisible, parce qu'on ne connaît pas généralement la grande solubilité de la chaux dans le sucre. Dans le second cas, on emploie l'eau de chaux, dont la proportion est généralement de 109 gallons, contenant environ 36 $\frac{1}{4}$ onces de chaux, pour une tonne ou 2000 livres.

Le sucre brut, tel qu'il vient en Angleterre, contient beaucoup de chaux. Les raffineurs choisissent celui dont la texture est dure et cristalline, et dont les grains, qui ne doivent pas adhérer ensemble, sont gris et transparens : ils donnent à ce sucre le nom de *sucre fort* (*strong*). Celui qui est doux au toucher comme la farine, qui est pâteux et a une couleur jaune, est appelé *sucre faible* (*weak*) : on le rejette comme étant impropre pour le raffinage. Mais c'est un fait bien connu, que le sucre

fort se change en sucre faible avec le temps, de telle sorte que plusieurs raffineurs arrêtent leurs travaux dans la dernière partie de l'année, précisément avant que le nouveau sucre n'arrive, à cause du désavantage qu'il y a à travailler le sucre vieux. J'ai moi-même eu occasion d'observer cette décomposition spontanée d'une manière remarquable. Une barrique de sucre de la Jamaïque, d'une très-bonne qualité, fut oubliée par méprise pendant trois années. Au bout de ce temps, il avait perdu son aggrégation et était devenu farineux. Je ne doute pas que ce changement ne soit dû à la chaux et ne ressemble à celui que je viens de faire connaître. Je me suis en effet convaincu, par de nombreuses expériences, que le sucre nouveau contient le plus de chaux, et le sucre vieux le plus de carbonate; ou, pour me servir du langage des raffineurs, le sucre, à la fin de la saison, est plus sale qu'au commencement.

Toutes solutions de sucre, livrées à la cristallisation spontanée, donnent des cristaux sans couleur. J'ai vu de très-beaux échantillons produits de cette manière par le sirop le plus fortement coloré. L'art du raffineur consiste à séparer la matière colorante du sucre, et à produire en même temps une masse dure et compacte. La chaleur qui est nécessaire pour produire la dernière qualité fait adhérer en même temps la matière colorante au sucre; mais celle-ci étant plus soluble, elle est ensuite entraînée par la filtration successive de l'eau. Maintenant l'emploi de la chaux, au-delà de ce qui est nécessaire pour neutraliser les acides du suc de la canne, me paraît être de rendre la matière colorante plus soluble, et par là de faciliter la cristallisation du sucre

brut, et ensuite sa purification pendant l'opération du terrage.

Dans le procédé de raffinage inventé par feu M. Howard, on a entièrement renoncé à l'usage de la chaux dans son état alcalin. On ne découvre point par conséquent cet alcali dans le sucre raffiné, mais beaucoup de sulfate de chaux. La matière colorante du sucre est enlevée par un moyen différent. Cependant il y a toute apparence que ce procédé, quoique très-ingénieux, ne sera jamais adopté généralement, à cause des objections sérieuses qu'on peut lui faire. J'essaierai de les présenter dans un prochain Mémoire, dans lequel je me propose de traiter en détail de l'état actuel du raffinage du sucre et des nombreux procédés qu'on a imaginés dans ces derniers temps pour le perfectionner (1). (*A Journal of Science, etc.* VI. 32.)

Sur *la Préparation du sous-carbonate de potasse avec le nitre et le tartre.*

Par M. Guibourt.

On prépare quelquefois ce sel en projetant par portions, dans un creuset rougi au feu, un mélange de deux parties

---

(1) M. Daniell possède une raffinerie de sucre à Londres. Cette circonstance ajoute un nouveau prix à ses observations, et fait vivement desirer qu'il s'empresse de mettre au jour le travail qu'il vient d'annoncer. Personne n'est plus en état que lui de le bien faire. R.

de crême de tartre et d'une de nitre. Lorsque tout le mélange est projeté, on l'expose à un feu plus violent pour le fondre et achever l'entière décomposition du nitre et de la crême de tartre. M. Guibourt, en faisant dernièrement cette opération, a obtenu un sous-carbonate qui contenait une grande quantité de cyanure de potasse, et qu'il n'a pu détruire qu'en le laissant long-temps exposé à l'air, à l'état de dissolution. Ce fait n'avait pas été remarqué; mais ce qu'il y a de plus surprenant, c'est qu'en projetant le même mélange dans une chaudière dont le fond soit à peine rouge, comme l'indique M. Thenard, et en lessivant immédiatement le produit de la déflagration, après son refroidissement, on obtient un sous-carbonate de potasse tout-à-fait exempt de nitrite et de cyanure. M. Guibourt attribue cette différence à une cause mécanique qui nous paraît avoir très-peu de vraisemblance : elle est plutôt l'effet unique de la température. (*Journ. de Pharm.* V. 58.)

Sur *les Comètes de* 1818.

Par M. J.-N. Nicollet.

L'année 1818 a présenté trois comètes à l'observation des astronomes : toutes les trois ont été découvertes par M. Pons, à Marseille. Elles étaient petites, invisibles à l'œil nu et sans apparence de queue.

La première, aperçue le 26 décembre 1817, ne put être observée que le 4 janvier 1818. Il résulte des observations faites à Marseille par M. Blanpain, et à l'Obser-

vatoire royal de Paris, par M. Bouvard et moi, que cette comète a passé par son périhélie le 26 février 1818, à $6^h\ 0'$, temps moyen compté de midi à Paris.

Sa distance périhélie . . . . = 1,19878.
Longitude du nœud ascendant. . . . = $70°.21'.10''$.
Longitude du périhélie, sur l'orbite = 182.56.52.
Inclinaison de l'orbite. . . . . = 89.47.27.
Mouvement héliocentrique : *direct*.

Aucune orbite de comète n'avait présenté jusqu'ici une aussi grande inclinaison. Cette circonstance a donné lieu à des irrégularités apparentes et fort singulières dans le mouvement héliocentrique. Pendant les premiers jours d'observation, les latitudes héliocentriques allaient en croissant, la comète montait perpendiculairement au plan de l'écliptique, et s'avançait directement vers le pole de ce cercle; son mouvement était presque nul en longitude : il variait à peine de 2 minutes en vingt-quatre heures. Après avoir atteint son *maximum* en latitude, la comète a dépassé le pole de l'écliptique et gagné la partie opposée de son orbite. Les longitudes héliocentriques, qui d'abord paraissaient stationnaires, se sont subitement et considérablement augmentées, pour offrir ensuite de nouveau de très-petites variations, par l'effet du mouvement en latitude, qui faisait retomber la comète perpendiculairement au plan de l'écliptique.

La seconde comète a été découverte le 26 novembre 1818. D'après les premières observations de Marseille, et celles que nous avons faites à l'Observatoire royal de

Paris, MM. Bouvard, Arago et moi, j'ai calculé l'orbite parabolique suivante, qui diffère peu de la première approximation que M. Bouvard avait obtenue.

Passage par le périhélie, le 24 janvier 1819, à 23h 8'; temps moyen compté de midi, à Paris.

Distance périhélie. . . . . . . = 0,352593.
Longitude du nœud ascendant = 329°. 4'.36".
Longitude du périhélie. . . . . = 144.15.22.
Inclinaison de l'orbite. . . . . = 14.47.42.
Mouvement héliocentrique : *direct*.

La troisième comète a été découverte le 29 novembre 1818, trois jours après la précédente. A partir du 1er décembre, son mouvement géocentrique a été très-rapide et très-irrégulier, tant en ascension droite qu'en déclinaison : ce n'est que vers le 25 qu'il a commencé à se ralentir et à devenir plus uniforme. Elle a passé très-près de la terre, et le 13 décembre, elle n'en était qu'à environ 0,16 de la distance du soleil à la terre. M. Blanpain a observé cette comète depuis le 29 novembre jusqu'au 6 janvier inclusivement, et c'est d'après ses observations que j'ai calculé l'orbite parabolique suivante :

Passage par le périhélie, le 5 décembre 1818, à midi, pour Paris.

Distance périhélie . . . . = 0,85643.
Longitude du nœud ascendant. . . = 89°.55'.14".
Longitude du périhélie, sur l'orbite = 101.46.58.
Inclinaison de l'orbite . . . . = 63.10.30.
Mouvement héliocentrique : *rétrograde*.

Note du Rédacteur.

Dans la séance du Bureau des Longitudes du 13 janvier 1818, M. Bouvard présenta les premiers élémens paraboliques de la 2me comète découverte en 1818 par M. Pons. En jetant les yeux sur la table générale insérée dans l'ouvrage de M. Delambre, et où l'on a inscrit les 117 comètes dont les orbites avaient été déterminées à la date de 1813, on fut frappé de la ressemblance qui existe entre les élémens de l'astre nouveau et ceux de la 1re comète de 1805. Les longitudes du nœud et du périhélie présentaient, il est vrai, des discordances d'environ 10° : mais de telles variations paraissaient pouvoir tenir aux perturbations planétaires. Il restait donc à chercher si l'arc parcouru par la comète, durant son apparition, n'offrirait pas déjà des traces sensibles d'ellipticité. Or, dans la supposition d'un mouvement parabolique, on ne pouvait éviter des erreurs de 3′ : ce qui surpasse, du moins pour cette comète, les incertitudes des observations. Nous venons d'apprendre, par une lettre de M. le Baron de Lindenau, en date du 8 mars 1819, que M. Enke, directeur-adjoint de l'Observatoire du *Seeberg*, a réduit les discordances entre la théorie et l'observation à 30″ au plus, à l'aide des élémens *elliptiques* qui suivent. Nous avons placé en regard les élémens *paraboliques* de 1805, pour que le lecteur puisse d'un coup-d'œil les comparer aux nouveaux.

	Parabole de 1805.	Ellipse de 1819.
Passage au périhél.,	18 nov., à 3^h 18′.	27 janv., à 3^h 13′.
Longit. périhélie	147°.51′.28″.	156°.14′.8″.

Longit. nœud.	344°.37'.19"(1)	334°.18'.8".
Inclinaison de l'orbite .	15.36.36	13.42.30.
Logarith. dist. périhélie	9,57820	9,52579.
Demi-grand axe.		2,343.

Le grand axe de cette ellipse est un peu plus petit que celui de l'orbite de *Vesta*, et correspond à une révolution d'environ *trois ans et demi.* Dans l'hypothèse en question, la comète de 1805 serait donc revenue plusieurs fois à son périhélie sans être aperçue. Il faut espérer que les calculs que promettent MM. Lindenau et Enke éclairciront tous les doutes. On sent déjà combien il serait intéressant de pouvoir constater que la révolution de la nouvelle comète n'est que de *trois ans et demi.*

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 25 *janvier* 1819.

M. GASC présente un Mémoire intitulé : *Examen philosophique des principes fondamentaux de la physiologie.* (Une commission en prendra connaissance.)

M. Girard lit un rapport sur la carte et le Mémoire de M. le Comte Platen, présentés par M. Berzelius dans une des séances précédentes, et destinés à faire connaître la direction et les pentes d'un canal de navigation qui s'exécute maintenant en Suède.

---

(1) M. Gauss ne donnait pour cet élément que 340°.11'.

Ce canal joindra la mer Baltique et la mer du Nord, et permettra ainsi d'exporter les productions du territoire de la Suède, alors même qu'en cas de guerre, le détroit du Sund serait fermé par les corsaires du Danemarck et les batteries de Cronembourg. Les estimations de la dépense s'élèvent à 15 millions de francs, dont une partie est fournie par le Gouvernement et l'autre par des souscriptions volontaires. En 1817, les trois cinquièmes des travaux étaient déjà exécutés. Le nombre des ouvriers qu'on y a employés a varié de trois à sept mille. On se formera facilement l'idée des avantages prodigieux que le pays doit retirer de cette importante entreprise, si l'on considère que le développement seul des côtes des lacs intérieurs dont elle doit opérer la jonction, est de 143 milles suédois ou d'environ 2500 kilomètres.

Le rapport renferme une analyse circonstanciée de toutes les parties du travail dirigé par le comte Platen; mais comme il serait difficile de le suivre sans le secours d'une carte, nous terminerons ici cet extrait, en témoignant le regret que nous éprouvons de ne pouvoir pas faire mieux connaître une entreprise qui semble devoir puissamment concourir à la prospérité de la Suède.

M. Caffin lit un Mémoire *sur les maladies des plantes, et les moyens de les guérir.* (Des commissaires sont nommés pour examiner ce travail.)

M. Yvart lit un Mémoire *sur les moyens d'améliorer les plantations en général, et particulièrement celles de l'Auvergne.*

M. d'Orsay annonce une composition nouvelle de

papier, telle qu'aucun procédé chimique ne pourra en enlever l'écriture. Des commissaires sont chargés de prendre connaissance des procédés de M. d'Orsay.

Séance du lundi 1er février.

MM. de Rossel et Sané sont chargés de faire un rapport sur un Mémoire de M. Ramatuelle, relatif à l'usage des signaux barométriques dans la navigation.

M. de Beauvois fait un rapport verbal sur l'ouvrage de M. Bridel intitulé : *Methodus nova muscorum, etc.*

M. Berthollet, au nom d'une commission, fait un rapport sur le nouvel alcali découvert par MM. Pelletier et Caventou.

Le Mémoire étant imprimé en entier dans ce Cahier, nous nous contenterons de transcrire les conclusions du rapport :

« Nous desirons que les auteurs continuent avec leur » zèle ordinaire des recherches d'un aussi grand intérêt, » et nous proposons d'imprimer ce Mémoire dans le » *Recueil des Savans étrangers.* »

M. Vicat lit un Mémoire intitulé : *Recherches sur les pouzzolanes artificielles.* (Nous analyserons plus tard cet intéressant travail.)

M. Dupin rend un compte verbal de l'ouvrage imprimé de M. Borgnis *sur les machines.*

M. Yvart lit des *Considérations générales sur les prairies artificielles.*

On nomme au scrutin la commission qui doit proposer un sujet de prix pour les sciences naturelles,

Séance du lundi 8 février.

M. Latreille lit un Mémoire *sur un passage d'Horapollon concernant le scarabée.*

M. Poisson lit un Mémoire *sur les instrumens à vent.* (*Voyez* plus haut.)

On lit la première partie d'un Mémoire de M. Dutrochet *sur les lois qui président à la formation des êtres organisés.* La seconde partie est réservée pour la séance prochaine.

M. Déyeux rend un compte verbal du *nouveau Traité de Pharmacie* de M. Caventou.

Séance du lundi 15 février.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire fait un rapport sur un Mémoire de M. le Dr Serres ayant pour titre : *Des lois de l'ostéogénie.*

M. Larrey lit des *Observations sur une opération chirurgicale remarquable.* Elles sont renvoyées à l'examen d'une commission.

M. Berthollet annonce qu'aucune des pièces envoyées à l'Académie, pour la question de la maturation des fruits, n'a mérité le prix. La commission est d'avis de proposer de nouveau la même question, et de rédiger un programme plus détaillé qui puisse guider les concurrens. La proposition est adoptée.

On nomme au scrutin la commission qui doit adjuger la médaille fondée par Lalande.

LETTRE *à MM. les Rédacteurs des* Annales de Chimie et de Physique, *sur l'éclairage par les gaz retirés de l'huile.*

« LE *Journal de l'Institution royale de Londres*, n° 11, annonce la découverte d'un procédé d'éclairage à l'aide du gaz hydrogène carboné tiré de l'huile décomposée : l'on pourrait en induire que ce procédé offre de grands avantages ; mais quelques remarques très-simples réduiront cette prétendue découverte à sa juste valeur.

» D'abord, sous le rapport physique, rien n'a démontré que l'huile convertie en gaz inflammable par une décomposition préliminaire donne plus de lumière que si elle était livrée à la combustion en nature. La réflexion fait même voir, au contraire, que cette opinion ne serait pas fondée. En effet, l'opération qui transforme l'huile en gaz hydrogène carboné en sépare du charbon : celui-ci reste dans les appareils, et est par conséquent perdu pour la lumière.

» La combustion de l'huile dans une lampe d'Argand est aussi complète que possible : aucune substance inflammable ne s'échappe sans brûler ; et d'ailleurs, dans cette manière de brûler l'huile avec une mèche, le liquide ne produit de la flamme qu'après avoir été d'abord réduit en vapeur, et décomposé ensuite en traversant l'extrémité ardente de la mèche. Ainsi, véritablement, une lampe offre l'appareil le plus complet et le plus simple pour décomposer l'huile et produire de la flamme.

» Dans ce cas, une mèche de coton remplace admirablement bien les machines mille et mille fois plus chères et plus compliquées dont on se sert pour l'éclairage par le gaz inflammable de la houille, et ce serait évidemment faire un pas rétrograde que de vouloir employer de tels appareils dans l'éclairage par l'huile.

» J'imagine que le procédé que je critique ne présentera quelque avantage, même en Angleterre, qu'en le consacrant aux huiles de poisson, trop infectes pour être brûlées dans les appartemens, et dont les produits gazeux,

bien lavés et purifiés, peuvent servir à l'éclairage sans qu'alors la mauvaise odeur soit sensible.

» Cette supposition peut seule rendre ce moyen avantageux, et il doit être repoussé de suite pour l'emploi de nos huiles de graines, qui sont si bien épurées, et nous donnent de la lumière avec tant d'agrément, au moyen des lampes d'Argand. Ne pensez-vous pas que la publication des procédés des arts devrait toujours être accompagnée de quelques remarques relatives aux localités où ces procédés conviennent? Toujours est-il certain que cette attention épargnerait de nombreuses et tristes méprises.

» J'ai l'honneur d'être, etc. »

Un de vos abonnés.

SUR *le Ralentissement de la chute des corps légers dans l'air.*

Par BÉNÉDICT PREVOST.

IL y a un moyen bien simple de montrer que la résistance de l'air est l'unique cause de ce ralentissement.

Etendez sur le fond plat d'une boîte cylindrique peu profonde, et d'une masse considérable à proportion de son volume ou de sa surface, un petit fragment de papier mince, et laissez-la tomber de haut (de deux ou trois mètres, par exemple) sur un coussinet, de manière que la partie inférieure du fond aille la première et se meuve selon son axe : ce papier ne quittera point la boîte et arrivera en bas aussitôt qu'elle; tandis qu'un papier semblable abandonné en même temps et d'aussi haut à l'action de la pesanteur, descendra obliquement et arrivera en bas sensiblement plus tard. La cause de cette différence n'est pas douteuse. Pour peu que le papier étendu sur le fond de la boîte tombât moins vite que la partie de ce fond sur laquelle il appuie, l'air s'intro-

duirait dessous et le soulèverait; mais comme la vitesse qu'imprime la pesanteur à tous les points de l'appareil est rigoureusement la même, ceux qui se trouvent en contact ne se séparent nullement, quoique les corps auxquels ils appartiennent n'aient aucune tendance sensible à se réunir.

L'expérience peut se faire plus simplement, mais d'une manière un peu moins sûre, en mettant le papier sur une pièce de monnaie (une pièce de 5 francs, par exemple) : on peut aussi, à la rigueur, substituer au papier un brin de duvet.

Si la boîte tombe sur un corps dur, le papier ne s'en sépare que par l'effet de la secousse qu'elle éprouve.

Il est plus aisé, ce me semble, de faire comprendre à un commençant, au moyen de cette expérience, que tous les corps légers ou pesans sont animés par la pesanteur de la même vitesse, qu'en se servant du pendule aux mêmes fins, non-seulement à cause de la plus grande simplicité de l'appareil, mais à cause de celle de la déduction.

Le papier qui touche à la boîte sans y adhérer, et qui, en conséquence, n'éprouve pas de résistance de la part de l'air, ne demeure pas en arrière : donc il va aussi vite, etc.

LETTRE *de M.* Gaultier de Claubry *à M.* Gay-Lussac.

« MONSIEUR,

» Vous avez inséré, dans le Cahier d'octobre de vos *Annales*, un Mémoire de M. Braconnot *sur l'acide gallique*, dans lequel ce chimiste dit n'avoir pu obtenir un *atome d'acide gallique* cristallisé par le procédé qu'a indiqué M. Barruel, et qui consiste à précipiter une dissolution de noix de galle par un excès de blanc d'œuf, à évaporer la liqueur à siccité, et à traiter la masse par l'*alcool* pour séparer l'excès d'albumine. M. Braconnot

dit avoir traité la masse par l'eau : s'il en est ainsi, il n'est pas étonnant qu'il n'ait pu obtenir d'acide gallique.

» Voulant vérifier la vérité de cette assertion, et préparer une certaine quantité d'acide gallique en évitant l'emploi d'une énorme quantité de blancs d'œufs qu'il m'aurait fallu employer, j'ai fait usage d'une dissolution de gélatine des os, et j'ai obtenu, par ce moyen, de l'acide gallique parfaitement pur et cristallisé : le procédé de M. Barruel peut donc être employé avec avantage pour préparer cet acide, et l'on peut se servir de blancs d'œufs ou de dissolution de gélatine.

» Quant au moyen que M. Braconnot indique pour purifier l'acide gallique, il m'a parfaitement réussi.

» Je pense que le procédé de M. Braconnot pour la préparation de cet acide est plus simple; mais que cet acide n'est pas aussi pur : celui de M. Barruel sera toujours préférable quand on voudra obtenir l'acide très-pur.

» Je crois devoir consigner ici une observation qui peut être de quelque utilité.

» L'élève que j'avais chargé de traiter par l'alcool le mélange d'acide gallique et de gélatine, après avoir versé dessus une certaine quantité de ce liquide, y ajouta par mégarde une assez grande quantité d'acide sulfurique : j'essayai de sauver l'acide gallique en faisant bouillir la liqueur sur du carbonate de chaux, et je parvins ainsi à obtenir mon acide parfaitement pur. »

Observations *sur la température du* Boa constrictor.

Par M. Wilford.

On ne sait pas peut-être généralement que le boa constrictor de Linné change de température en même temps que l'atmosphère : la table suivante montre cependant qu'il en est ainsi. Pendant mon séjour en Afrique j'achetai un de ces animaux d'un Mandingo. Ces peuples en portent, de temps en temps, à Sierra-Léone, pour les vendre sous le

nom de *serpens apprivoisés* (1). Le mien avait trois pieds quatre pouces de long, et crut d'un pouce en quinze mois. Il se nourrissait de farine de riz, qui est la seule chose que je lui aie vu manger. Il buvait, de jour à autre, à-peu-près une cuillerée d'eau, et évacuait rarement plus d'une fois par semaine : l'urine qu'il rendait tous les huit ou dix jours était d'environ une once. En approchant du nord, à mon retour en Angleterre, il s'engourdit de plus en plus et finit par mourir, son pouvoir de produire de la chaleur étant trop faible pour compenser la diminution de la température atmosphérique.

Dans le mois d'avril 1816, cet animal changea de peau : pendant trois semaines avant cette époque, il ne but ni ne mangea ; mais aussitôt qu'il fut entièrement débarrassé de l'ancienne peau, il reprit son activité accoutumée.

Dans la table suivante, on s'est borné à prendre la moyenne des températures centigrades de l'air dans chaque mois, quand elles étaient à-peu-près égales, et on a inscrit vis-à-vis la température moyenne correspondante du boa constrictor.

	TEMPÉRATURE DE L'AIR.	TEMPÉRATURE DU BOA.	
Octobre 1815.	25°,7	25°,9.	
	28,3	27,8.	
Novembre.....	25,7	25,7.	
	22,8	24,4.	
	23,3	24,4.	
	24,4	24,9.	
	25,1	25,4.	
	26,2	26,0.	
	26,7	26,2.	
	28,1	27,5.	
	28,3	27,5.	
Décembre......	25,0	25,5.	
Janvier 1816...	23,9	23,9.	Le cœur faisait 23 pulsations par minute.
	22,2	23,9.	
	24,4	25,5.	25 pulsations.
Février........	26,6	27,5.	24 pulsations.
	25,5	26,3.	
Avril..........	26,1	26,6.	
Mai..........	26,6	26,6.	15 pulsations ; mais bientôt 20.
Juin..........	23,4	23,9	

(1) Ces animaux ne sont pas vénéneux, et l'on ne doit les craindre qu'à cause de leur grande force musculaire. Ils sont d'ailleurs doux et dociles, et n'ont que très-peu de férocité et de cette subtilité qui caractérise l'espèce. Le serpent de M. Wilford avait été son compagnon, même quelquefois à table, pendant un long espace de temps.

— Le lecteur ne sera peut-être pas fâché de trouver ici, comme terme de comparaison, le résultat d'une expérience faite, il y a quelques années, par le Dr Thomas Thomson, et qui fournit une évaluation approximative de la quantité de chaleur que le corps humain développe dans certaines circonstances.

A la suite d'une course faite par un temps pluvieux, en janvier 1814, le Dr Thomson se trouva pris d'un fort rhume et de la fièvre. Parmi d'autres symptômes inflammatoires, il éprouva dans l'aine droite de violentes palpitations, accompagnées d'un gonflement des glandes inguinales. Pour faire disparaître l'enflure, M. Thomson imagina d'appliquer sur la partie malade, *trente-six fois* par jour et pendant quatre jours consécutifs, deux pièces d'étoffe de coton qui étaient successivement imbibées d'eau froide : après ce temps, l'inflammation avait entièrement disparu. Voici maintenant les calculs que M. Thomson a faits sur cette expérience :

La température moyenne de l'eau froide dont on se servait ne surpassait pas 4° centigrades. Les linges n'étaient renouvelés que lorsqu'ils donnaient une sensation de chaleur : ceci arrivait, par une moyenne, quand leur température s'était élevée jusqu'à + 32° centigrades ; en sorte que le coton et l'eau dont il était imbibé acquéraient, dans chaque expérience, 28° de chaleur.

Le 1er linge sec pesait 530 grains ;
Le 2e. . . . . 458.
Le 1er, mouillé, pesait 1459 gr. ou 929 d'eau, plus 530 de coton.
Le 2e. . . . . 1434 976 plus 458.

D'après les expériences directes du Dr Thomson, la chaleur spécifique du coton n'est que la moitié de celle de l'eau. En partant de ce résultat, que l'auteur ne présente, toutefois, qu'avec défiance, il est clair qu'il sera permis, dans l'évaluation de la chaleur produite, de substituer aux deux pièces de coton la moitié de leur poids en eau. On peut donc dire que $929 + \frac{530}{2} + 976 + \frac{458}{2} = 2399$ grains d'eau ont acquis, dans l'espace de quatre jours et par l'influence de la petite partie du corps sur laquelle ils étaient appliqués, *dix-huit* fois 28° centigrades de chaleur ; ce qui suffirait pour porter $8\frac{1}{2}$ livres d'eau (3,2 kilogrammes ou 3,2 litres environ) de la température de + 4° centigr. à celle de l'ébullition. Néanmoins, après tout ce temps, la température de l'aine n'était pas moindre que celle des autres parties du corps.

Cette expérience paraît très-délicate ; mais M. Thomson, qui en connaît les détails mieux que personne, estime que les

erreurs dont elle est est susceptible ont dû tendre toutes à affaiblir les résultats précédens. Parmi ces causes d'incertitude, il signale principalement la chaleur employée à vaporiser une partie du liquide. (*Annals of Philosophy*, t. II, p. 26.)

COMPARAISON *des climats de divers points de la côte orientale des Etats-Unis d'Amérique.*

M. BIGELOW a inséré dans le dernier volume des *Memoirs of the american Academy*, quelques faits qui nous paraissent mériter d'être rapportés, tant à cause des conséquences auxquelles ils conduisent, que parce qu'ils suggèrent un moyen d'observation à la portée de tout le monde, car il n'exige aucun instrument, et dont la météorologie pourrait cependant tirer un grand parti.

M. Bigelow avait engagé quelques personnes de sa connaissance qui résident dans divers points de la côte nord-est de l'Amérique compris entre *Charleston* et *Montreal*, à noter aussi exactement que possible, en 1817, les époques où les arbres à fruit seraient en fleurs. Le Mémoire qu'il vient d'imprimer renferme les résultats comparatifs de toutes ces observations. Nous transcrirons ici celles qui se rapportent à la floraison du pêcher.

NOMS DES LIEUX.	LATITUDE.	LONGITUDE OUEST de Greenwich.	ÉPOQUE DE LA FLORAISON.
Fort Claiborne ...	31°.50′ N.	87°.50′	Le 4 mars 1817.
Charleston	32.44	80.39	Du 6 au 12 mars.
Richmond	37.40	77.50	Du 23 mars au 6 avril.
Lexington	38. 6	85. 8	Du 6 au 15 avril.
Baltimore	39.21	77.48	9 avril.
Philadelphie	39.56	75. 8	15 avril.
New-York	40.42	74. 9	Du 21 au 26 avril.
Boston	42.23	70.52	9 mai.
Albany	43.39	73.30	12 mai.
Montreal	45.35	73.11	*Idem.*
Valence (en Espag.)	39°.29′	0°23′ ouest	19 mars 1817.
Genève	46.12	6.9 est.	1er avril.

L'observation de Valence (Espagne) est de M. Rich, consul américain dans cette ville, et celle de Genève de M. Décandolle; on voit qu'elles démontreraient, au besoin, l'une et l'autre, combien sont différens, sous les mêmes latitudes, les climats d'Europe et d'Amérique.

Le pêcher fleurit dans le mois dont la température moyenne est de 5°,5 centigrades.

Ceci arrive à Rome,	latitude	41° 53′	commencement de février.
à Paris,		48.50	mars.
à Upsal,		59.51	fin d'avril.
à Uleo,		65. 0	mai.
au cap Nord,		71.	fin de juin.

Ces derniers résultats sont extraits du beau Mémoire que M. de Humboldt a publié sur la distribution de la chaleur à la surface du globe, et comparés à la table de M. Bigelow, feront aussi ressortir la différence qui existe, sous le rapport de la température, entre la côte occidentale de l'ancien continent et la côte orientale du nouveau.

JOURS.	9 heures du matin — Barom. à 0°.	9 h. du matin — Therm. extér.	9 h. du matin — Hygr.	Midi — Barom. à 0°.	Midi — Therm. extér.	Midi — Hygr.	3 heures du soir — Barom. à 0°.	3 h. du soir — Therm. extér.	3 h. du soir — Hygr.	9 heures du soir — Barom. à 0°.	9 h. du soir — Therm. extér.	9 h. du soir — Hygr.	Thermomètre — maxim.	Thermomètre — minim.	État du ciel à midi.	Vents.
1	749,78	+ 4,0	90	749,65	+ 6,0	66	749,41	+ 6,1	69	749,52	+ 0,7	95	+ 6,1	+ 0,7	Très-nuageux.	O.
2	749,26	+ 1,0	93	749,13	+ 2,4	97	749,04	+ 5,4	72	750,40	+ 4,5	87	+ 5,4	— 2,2	Brouillard.	S. S. O.
3	753,00	+ 4,0	94	753,00	+ 5,5	79	752,25	+ 7,1	75	750,58	+ 4,6	93	+ 7,1	+ 2,8	Très-nuageux.	N. O.
4	752,84	+ 4,4	81	753,87	+ 7,5	72	754,31	+ 8,2	60	755,04	+ 3,7	93	+ 8,2	+ 3,1	Nuageux.	O. fort.
5	754,43	+ 5,2	98	752,98	+ 7,7	96	751,70	+ 7,9	98	751,32	+ 8,7	98	+ 8,7	+ 4,4	Pluie continuelle.	S.
6	753,20	+ 8,5	85	753,88	+11,1	84	753,92	+12,1	76	753,70	+ 6,2	93	+12,1	+ 6,2	Couv., léger brouill.	O.
7	748,70	+ 7,9	91	746,88	+ 6,5	85	746,22	+ 7,9	81	748,80	+ 5,1	89	+ 7,9	+ 4,6	Pluie abondante.	O.S.O. f.
8	756,05	+ 5,5	[illegible]	757,38	+ 7,5	77	758,22	+ 8,0	63	760,6[illegible]	+ 4,0	85	+ 8,0	+ 2,8	Très-nuageux.	O.
9	762,09	+ 5,7	93	761,90	+10,0	70	761,46	+ 8,7	73	760,64	+ 7,0	88	+10,0	+ 4,0	Couvert.	S. S. O.
10	758,27	+ 9,0	96	758,63	+11,0	95	760,03	+10,2	81	763,60	+ 4,7	89	+11,0	+ 3,9	Très-couvert, pluie	O. fort.
11	765,08	+ 5,4	83	764,43	+ 9,5	70	763,80	+ 9,6	71	763,02	+ 7,5	87	+ 9,6	+ 2,2	Nuageux.	S. O.
12	757,53	+ 7,2	83	755,17	+ 8,2	88	752,36	+ 8,2	95	750,07	+ 8,7	92	+ 9,0	+ 6,6	Couvert.	S. O.
13	754,20	+ 5,0	89	754,47	+ 7,5	71	754,40	+ 8,0	53	755,08	+ 3,5	96	+ 8,0	+ 2,7	Très-nuageux.	O.
14	758,28	+ 2,5	87	758,90	+ 5,7	57	75[illegible],47	+ 5,7	51	761,17	+ 2,7	71	+ 5,8	+ 1,7	Nuageux.	N.N.O. f.
15	761,18	+ 2,6	79	760,54	+ 7,2	54	759,64	+ 7,0	57	758,78	+ 0,3	80	+ 7,2	— 0,7	Couvert.	S. S. O.
16	755,71	+ 2,0	79	754,48	+ 5,7	74	752,88	+ 5,7	80	750,90	+ 5,5	98	+ 5,8	— 2,0	Couvert, brouillard	S. S. E.
17	751,95	+ 9,7	96	752,42	+13,2	67	752,30	+12,7	62	751,16	+ 9,5	96	+13,2	+ 8,7	Nuageux.	O. S. O.
18	751,40	+ 8,7	80	752,70	+10,5	63	753,36	+10,5	70	752,52	+ 7,7	90	+10,5	+ 7,5	Couvert.	S. O. fort
19	747,30	+ 8,7	79	747,39	+10,9	83	748,74	+10,0	86	752,22	+ 5,2	95	+10,9	+ 5,2	Couvert, pluie fine.	S.
20	756,97	+ 5,9	88	757,16	+ 8,7	77	756,76	+ 9,5	61	755,97	+ 4,6	85	+ 9,5	+ 3,2	Nuageux.	O.
21	744,70	+ 5,0	97	741,98	+ 5,0	97	740,76	+10,4	61	739,03	+ 5,5	98	+10,4	+ 4,2	Pluie continuelle	S. S. O.
22	747,65	+ 6,1	55	751,00	+ 6,9	76	753,65	+ 5,0	85	757,48	+ 3,4	87	+ 6,9	+ 3,7	Quelques éclaircies.	N. N. O.
23	755,85	+ 4,2	91	751,66	+ 7,2	68	747,43	+ 4,0	94	748,96	+ 4,2	81	+ 7,2	+ 2,7	Couvert.	S. S. O. f.
24	748,03	+ 3,2	87	746,76	+ 4,7	75	745,78	+ 2,7	84	744,72	+ 0,9	95	+ 4,8	+ 0,9	Très-nuageux.	O. S. O.
25	750,30	+ 0,6	90	751,62	+ 4,2	61	751,88	+ 1,6	92	751,93	+ 2,2	96	+ 4,2	— 1,2	Nuageux.	N.
26	751,65	+ 3,5	87	750,60	+ 5,7	60	748,84	+ 5,7	59	746,42	+ 1,6	95	+ 5,8	+ 0,7	Très-nuageux.	N. O.
27	743,78	+ 3,4	83	743,74	+ 4,9	65	743,00	+ 6,5	61	744,04	+ 2,4	83	+ 6,5	+ 1,2	Très-nuageux.	S. E.
28	742,73	+ 2,7	91	742,00	+ 6,7	84	740,24	+ 7,5	70	738,88	+ 5,0	98	+ 7,5	+ 1,2	Très-nuageux.	S. E.
1	753,76	+ 5,3	91	753,73	+ 7,6	82	753,66	+ 8,2	75	754,51	+ 4,9	91	+ 8,4	+ 3,0	Moyennes du 1 au 10	
2	755,66	+ 5,8	82	755,76	+ 8,7	71	755,37	+ 8,7	69	755,09	+ 5,5	89	+ 8,9	+ 3,5	Moyennes du 11 au 20.	
3	748,08	+ 3,6	89	747,4[illegible]	+ 5,7	73	746,44	+ 5,4	76	746,44	+ 3,1	91	+ 6,7	+ 1,6	Moyennes du 21 au 28.	
	752,92	+ 4,9	88	752,6[illegible]	+ 7,3	75	752,21	+ 7,6	73	752,41	+ 4,6	90	+ 8,1	+ 2,8	Moyennes du mois	+ 5,5.

Additions *au Mémoire sur les Causes du transport des blocs de roches des Alpes sur le Jura.*

Par M. Léopold de Buch.

(Note communiquée par M. Brochant-de-Villiers.)

Dans l'extrait que j'ai fait du Mémoire de M. de Buch, et qui a été inséré dans le tome VII des *Annales de Chimie et de Physique*, janvier 1818, je me suis principalement attaché à développer les nouveaux caractères de ce grand phénomène qui étaient indiqués par l'auteur ; j'ai parlé ensuite, mais plus brièvement, comme il l'a fait lui-même, des *causes* auxquelles il a jugé devoir attribuer le transport de ces blocs. Il en est résulté que plusieurs personnes ont pris une idée imparfaite de son opinion sur la nature de ces *causes*, et entr'autres M. J.-L., auteur d'une lettre adressée aux auteurs des *Annales*, et insérée dans le Cahier de juillet 1818.

En outre, M. J.-A. Deluc, dans un Mémoire dont un extrait a paru dans le Cahier de juin, a cherché à attaquer les faits principaux mis en avant par M. de Buch, et en a indiqué d'autres qui semblent les contredire ; de plus, il a renouvelé l'hypothèse du célèbre Deluc, son oncle, laquelle cependant paraît avoir été entièrement rejetée par la grande majorité des géologues.

M. de Buch, ayant eu connaissance de ces différens articles des *Annales*, a jugé d'abord que plusieurs des faits annoncés par M. Deluc n'étaient pas entièrement

exacts, ou qu'ils ne contredisaient nullement son opinion; et de plus, la lettre de M. J.-L. lui a fait reconnaître qu'il n'avait pas assez développé ses idées sur les causes du transport des blocs. Il m'a en conséquence adressé de Tubingen, où il était alors, une lettre renfermant divers éclaircissemens (1) et additions, en m'invitant à les rédiger et à les faire insérer dans les *Annales de Chimie et de Physique.*

Quoique extrêmement flatté de cette confiance, j'aurais beaucoup hésité à y répondre, par la crainte de ne pas saisir assez bien ses idées, si un voyage imprévu de quelques jours que M. de Buch est venu faire à Paris en décembre dernier ne m'avait procuré l'avantage d'avoir sur cet objet une conférence avec lui. Je sens néanmoins combien l'exposé que je vais donner de ses idées, d'après une courte lettre de deux pages et une conversation assez rapide, pourra être imparfait, et les lecteurs regretteront certainement beaucoup avec moi que M. de Buch n'ait pas pu prendre le temps de les rédiger lui-même.

M. Deluc se refuse à admettre que ces blocs sont originaires des Alpes, et il défend l'opinion de son oncle, qui pensait que c'était des restes de couches primitives détruites sur place. Il met en avant plusieurs faits qui

---

(1) Dans cette lettre, M. de Buch reconnaît la faute d'impression que j'avais signalée page 22, relativement à la hauteur des *Bulets*, sur la montagne de *Chasseron;* il faut lire 1900 pieds, et non pas 5900 pieds, comme dans le texte allemand.

lui paraissent absolument contraires à l'idée d'une origine alpine. « Ce n'est pas seulement, dit-il, sur les » pentes du Jura qu'il y a des blocs, mais dans presque » toute l'étendue des *vallées de Travers* et de *St-Imier*, » quoiqu'elles soient séparées de la chaîne des Alpes par » la plus haute crête du Jura. » M. de Buch connaissait parfaitement ces blocs; mais il a jugé que, loin de contredire l'origine alpine, ils doivent servir à la confirmer. Sans doute, si ces blocs appartenaient aux roches granitoïdes du Mont-Blanc, on aurait peine à concevoir comment ils ont pu dépasser la chaîne qui les en sépare, tandis que les autres sont restés sur les pentes opposées aux Alpes et à des hauteurs au-dessous des sommités; mais ces blocs sont d'une toute autre nature, ainsi que M. Escher l'a fait reconnaître le premier. M. de Buch s'est assuré qu'ils étaient tous semblables aux granites de la Grimsel et montagnes environnantes, et qu'ils faisaient partie, non du dépôt de la vallée du Rhône, mais de celui de la vallée de l'Aar, vers laquelle les deux vallées de Travers et de St-Imier sont ouvertes; les blocs s'y rencontrent toujours dans une position qui est en rapport avec le débouché de la vallée.

Les 120 blocs de roches granitoïdes que M. Deluc a observés dans le *vallon du Reposoir* y sont sans doute entrés parce que la montagne qui sépare cette vallée de celle de l'Arve y formait un éperon dans le courant, derrière lequel le repos a forcé les matières étrangères de se déposer, ou qui produisait une sorte de remoux qui les portait dans les vallées adjacentes. M. Escher, qui avait observé, dans les Alpes, de nombreux exemples de l'effet de ces éperons, en a fait une heureuse application

dans l'opération du dessèchement des marais de la Linth qu'il vient de terminer, et il en a obtenu le plus grand succès.

Quant au *coteau de Boisy* et à la *montagne de Sion, etc.* qui sont parsemés de blocs, M. de Buch ne partage nullement l'avis de M. Deluc, qui les regarde comme séparés de la chaîne primitive des Alpes par d'autres chaînes. Il pense, au contraire, qu'il est extrêmement facile de tracer la direction qu'ils ont suivie et de remonter à leur source; mais qu'on ne peut se faire comprendre, dans une discussion de localités aussi minutieuse, qu'au moyen d'une carte topographique très-détaillée (1).

Les observations de M. Deluc attaquent, comme on le voit, l'opinion fondamentale de l'origine alpine des blocs; opinion qui n'est nullement particulière à M. de Buch, puisque c'était celle de Saussure, de Dolomieu, et qu'elle est encore aujourd'hui adoptée par MM. Escher, Ebel, et une foule d'autres savans qui ont observé la Suisse. M. J.-L., au contraire, admet positivement cette

---

(1) C'est par le même motif que nous n'insérons pas dans ces *Annales* une nouvelle lettre que M. Deluc nous a fait l'honneur de nous adresser, et qui renferme un grand nombre d'indications nouvelles de la position des blocs jointes à beaucoup de considérations locales destinées à prouver que ces blocs n'ont pu être amenés des Alpes. M. Deluc rapporte aussi plusieurs faits analogues observés dans les petites îles voisines de l'Angleterre et dans l'île d'Elbe.

Nous avons trop à cœur de nous maintenir dans une stricte impartialité dans les discussions scientifiques, pour nous en

origine alpine, et s'attache uniquement à combattre l'hypothèse de M. de Buch sur le mode de transport, et à lui en substituer une autre.

Mais il s'est mépris sur les idées de M. de Buch; il a cru qu'il entendait supposer une *explosion verticale* analogue à celle des volcans. Peut-être ai-je donné lieu très-involontairement à cette méprise, m'étant servi une fois, vers la fin de mon extrait, p. 28, du terme d'*explosion*, pour rappeler les idées de M. de Buch. Il me semble néanmoins que le terme de *projection violente* que j'avais employé d'abord, et surtout l'objection rapportée p. 21, par laquelle M. de Buch a rejeté l'idée analogue d'*explosion verticale* de Deluc, suffisait pour prévenir toute erreur : il est même assez remarquable que cette objection, qui consiste à faire voir qu'une explosion aurait dû rejeter des débris dans toutes les directions, est précisément la même que M. J.-L. fait valoir contre l'hypothèse de M. de Buch. Ce que j'ai dit encore, d'après le Mémoire allemand, de l'effet d'un boulet de canon, n'était qu'une comparaison, pour faire mieux comprendre

---

écarter dans celle-ci, où il nous paraît qu'on n'est encore réduit qu'à des conjectures plus ou moins probables; nous espérons donc que notre refus de publier cette nouvelle lettre de M. Deluc, dont nous savons apprécier le zèle et les connaissances, ne sera pas attribué à l'opposition que nous pourrions avoir pour ses opinions, mais uniquement à l'attention que nous devons avoir de ne pas remplir notre Journal de Mémoires dont la lecture exigerait divers secours de cartes ou autres qu'il nous serait impossible d'y joindre. (*Note des Rédacteurs.*)

comment des corps pesans pouvaient être chassés avec une vitesse capable de les faire passer par-dessus des profondeurs sans y tomber.

Loin de croire à une explosion verticale, M. de Buch n'a jamais douté que l'impulsion donnée aux blocs n'ait été *latérale* ou à-peu-près horizontale dans la direction des grandes vallées des Alpes. De plus, il a toujours pensé que cette impulsion avait dû être donnée aux blocs par un courant de même vitesse.

Le petit nombre de conjectures qu'il met en avant dans son Mémoire sur les causes de cette impulsion l'ayant conduit à des résultats qu'il regarde lui-même comme inadmissibles, j'ai jugé inutile de les rapporter : j'en donnerai tout-à-l'heure un précis ; mais ces conjectures n'ont rapport qu'à une masse d'eau considérable tombant d'une grande hauteur. De plus, la carte annexée à son Mémoire, et qui n'a pu l'être à l'extrait, fait voir que les divers lieux où M. de Buch a reconnu des traces du passage des blocs ne sont point en ligne droite comme devrait l'être le produit d'une explosion, mais qu'ils suivent une direction coudée qui est en rapport avec les formes actuelles du terrain.

Le courant de blocs partant de la pointe d'Ornex s'est dirigé d'abord au nord-est (1), vers le cirque de *Pierre-*

---

(1) Il s'est également répandu, dans d'autres directions, dans le val d'Entremont, qui est au pied de cette sommité, et notamment aux environs de Liddes, où l'on rencontre beaucoup de blocs, comme on le voit par une lettre de M. Murrith rapportée dans les *Voyages* de Saussure, § 1022, et que M. de Buch a eu soin de citer.

à-Voie, dans la vallée de Bagnes, parce qu'il ne rencontrait, dans ce sens, aucun obstacle élevé; mais les hautes montagues qui existent à ce point ayant arrêté sa marche, il s'est détourné, après avoir déposé beaucoup de blocs (1), et a pris la direction nord-nord-ouest, qui est celle du débouché du Rhône de Martigny, au lac de Genève; enfin, il a continué de suivre cette direction jusqu'au Jura, seule digue qui se soit trouvée sur son passage.

M. de Buch n'a donc entendu parler que d'une *impulsion donnée par un courant d'eau rapide*, et non d'une explosion dans le sens que les phénomènes volcaniques nous font attacher à ce mot.

---

(1) La première observation de ce dépôt de blocs au cirque de *Pierre-à-Voie* est encore due à M. Murrith, qui l'a indiquée à M. de Buch. M. Escher, qui a traversé cette montagne en 1818 pour parvenir à la vallée de Bagues, a observé ces blocs; ils sont entassés les uns sur les autres, dans le plus grand désordre, et forment un amas immense jusque vers le sommet : il y a même quelques blocs qui ont dépassé la crête et reposent sur les premières pentes en descendant vers le Valais.

Cette dernière observation fait concevoir comment il serait possible que quelques blocs eussent dépassé la chaîne du Jura sur certains points moins élevés : ainsi, les faits de ce genre que l'on pourrait citer ne seraient point, en général, une objection contre l'origine alpine des blocs; mais M. de Buch, s'appuyant sur les observations de Saussure, de Escher, de Ebel et sur les siennes propres, regarde toutes les indications semblables qui ont été données comme inexactes.

Voulant ensuite estimer quelle a été la vitesse de ce courant, il devait s'attacher à satisfaire à tous les caractères du phénomène, tels qu'il les a reconnus et exposés ; l'absence des blocs granitoïdes semblables aux roches de la pointe d'Ornex, dans le pays de Vaud, et, en général, dans toute la contrée basse intermédiaire, et, au contraire, leur existence sur les pentes du Jura lui semblaient devoir faire conclure que ces blocs avaient été chassés avec une force capable de leur faire faire le trajet des Alpes au Jura pendant un temps plus court que celui qu'ils auraient employé à tomber de leur gîte originaire, au niveau des plaines, par leur gravité. Il est bien vrai qu'on rencontre, dans le pays de Vaud, des blocs d'une autre nature ; mais comme leurs gîtes originaires qui ont été indiqués dans l'extrait sont beaucoup moins élevés que la pointe d'Ornex, on conçoit que la même vitesse qui entraînait les premiers jusqu'au Jura ne suffisait pas pour transporter ceux-ci aussi loin, avant que leur force de gravité les ait fait toucher au sol et s'y arrêter. Ces blocs ne peuvent donc former une objection contre la conclusion tirée de l'observation des blocs granitoïdes ; au contraire, cette espèce de classement régulier des différens blocs, en raison des hauteurs dont ils proviennent, est un nouveau caractère extrêmement remarquable qui se lie parfaitement avec toutes les parties du phénomène, et concourt avec elles à faire présumer, suivant M. de Buch, que le transport a eu lieu par une force assez grande pour balancer celle de la gravité.

Ce rapport étant établi, il suffisait de calculer le temps que les blocs auraient employé d'après les lois de la gravité pour tomber d'une hauteur égale à la différence

de niveau entre la pointe d'Ornex et le Jura : cette hauteur étant de 5100 pieds, le calcul, d'après les données ordinaires sur la chute des corps dans l'air, indiquait 18 secondes pour le temps de la chute; par conséquent il en résultait que c'était aussi dans ce très-court espace de 18 secondes que les blocs auraient dû franchir l'intervalle de 356117 pieds qui sépare la pointe d'Ornex, leur gîte originaire dans les Alpes, d'avec la montagne de Chasseron sur le Jura; que par conséquent ils auraient été chassés avec l'immense vitesse de 19460 pieds par seconde.

Tel a été le calcul de M. de Buch; aussi s'est-il bien gardé d'adopter un résultat aussi incroyable.

Mais tout en le rejetant, il n'a pas pensé qu'il dût pour cela rejeter également l'opinion qui en était la base, et abandonner ce que la nature lui paraissait indiquer si clairement, savoir : l'idée de forces capables de vaincre celle de la gravité. Il a présumé qu'il avait sans doute omis, dans le calcul, quelque condition susceptible de modifier considérablement le résultat, c'est-à-dire, la vitesse avec laquelle les blocs ont dû être transportés. Or, cette condition lui paraît aujourd'hui n'être autre chose que la *résistance des milieux*. La lettre qu'il m'a adressée renferme un court exposé des principes de cette nouvelle considération dont il n'avait point parlé dans son Mémoire : je vais tâcher de les développer.

Il convient d'examiner d'abord quelle doit être la résistance que l'eau ordinaire oppose à la chute des corps, ou quelle est la vitesse avec laquelle les corps tombent dans l'eau.

Suivant les expériences de Hook, une boule de bois

de sapin de six pouces de diamètre, à laquelle on avait suspendu une masse conique de plomb pesant quatre livres et demie ; ce qui formait un appareil ayant une pesanteur spécifique de 1.5, s'enfonçait dans l'eau avec une vitesse d'abord croissante, mais bientôt uniforme, et qui n'était alors que de cinq pieds par seconde. Sans doute, une boule de granite dont la pesanteur spécifique est d'environ 2.6 s'enfoncerait plus vite ; mais, d'un autre côté, des fragmens anguleux de granite, comme les blocs dont il est ici question, doivent, par suite de l'irrégularité de leur forme et des aspérités de leurs surfaces, être retardés dans leur chute. M. de Buch pense qu'on peut supposer sans une grande erreur que les blocs ne s'enfonceraient dans l'eau qu'avec la même vitesse de cinq pieds par seconde, comme dans l'expérience.

Il en résulterait déjà que la chute de 5100 pieds indiquée ci-dessus aurait exigé 1020 secondes, au lieu de 18 ; que par conséquent la force qui a transporté les blocs des Alpes sur le Jura aurait pu employer 1020 secondes à ce trajet ; ce qui, d'après la distance de 356117 pieds, ne suppose déjà plus qu'une vitesse de 354 pieds par seconde ; résultat qui n'est pas absolument impossible à concevoir, quoique encore très-élevé.

Mais la réduction de la gravité ne doit pas se borner là. L'expérience de Hook et les calculs qu'on vient de voir sont relatifs à de l'eau ordinaire, et on sent facilement que la chute d'un corps doit être beaucoup plus retardée dans une eau très-chargée de matières terreuses, comme le sont presque tous les torrens rapides, et surtout ceux qui occasionnent de grands ravages.

La funeste catastrophe qui a eu lieu, l'année dernière, dans la vallée de Bagne, est un exemple remarquable d'un torrent extraordinaire qui peut servir de terme de comparaison.

Il résulte de tous les renseignemens donnés sur les lieux par un grand nombre de témoins oculaires, que le torrent ressemblait moins à une masse d'eau qu'à un limon liquide. M. Escher, qui s'est rendu dans cette malheureuse contrée immédiatement après cette débâcle, et qui a donné, dans la *Bibliothèque universelle* (août 1818), une description détaillée de toutes les circonstances qui l'ont accompagnée, dit que la masse coulante paraissait contenir encore plus de débris des dévastations supérieures que d'eau. M. de Buch prétend même que M. Escher estimait cette proportion des matières terreuses et autres aux *sept huitièmes de la masse*, au moins dans la première partie du cours du torrent. Cette évaluation m'a paru bien forte, et j'en exprimai mon étonnement dans une lettre à M. de Charpentier, qui, habitant Bex, lieu très-voisin de la route qu'a suivie le torrent, a pu le visiter pendant sa marche; mais il m'a répondu qu'elle n'était peut-être point exagérée; que c'était un torrent de boue précédé d'une montagne de bois provenant des forêts, barrières, digues et maisons emportées (1).

(1) Ce sont ces amas de bois poussés par tous les torrens extraordinaires qui ont fourni l'idée de l'hypothèse des *radeaux*, pour expliquer le transport des blocs.

Ces *montagnes de bois* flottantes sont encore assez importantes à remarquer, parce qu'elles peuvent servir à con-

Au reste, sans vouloir défendre cette proportion, et en admettant qu'elle doive être diminuée, il est toujours constant que ce torrent était extraordinairement chargé de matières terreuses; et on doit sentir que la chute des masses qu'il entraînait devait y éprouver une résistance beaucoup plus grande que dans l'eau ordinaire, et être considérablement retardée : or, il est impossible de ne pas reconnaître que cette circonstance a dû exister dans un courant tel que celui que M. de Buch admet dans son hypothèse. Aussi pense-t-il que la vitesse avec laquelle des blocs pouvaient s'enfoncer par leur gravité dans un pareil courant était beaucoup au-dessous de celle de 5 pieds par seconde; et, d'après cette base, il conclut que la force de projection qui les poussait vers le Jura pouvait être bien inférieure à celle de 354 pieds par seconde trouvée ci-dessus, quoique cependant assez forte pour balancer l'effet de la force de gravité.

Relativement à la vitesse de projection, M. de Buch tire encore quelques inductions de celle que l'on a observée dans le torrent de Bagnes. Suivant M. Escher, le trajet de l'éboulement à Bagnes s'est opéré avec une vitesse de 33 pieds par seconde (1); ce qui forme déjà

---

cevoir la formation des dépôts de bois bitumineux : si le torrent qui entraîne ces bois rencontre un obstacle, une digue, il les y dépose et les enterre sous les sables et les galets qu'il charrie; et en effet on trouve ordinairement les bois bitumineux sous des amas de cette nature ou sous des argiles.

(1) Dans les parties inférieures de son cours, la vitesse a été moins forte, en raison d'une moindre pente. Elle s'est

près du dixième de celle qui a été calculée ci-dessus, d'après les expériences de Hook ; et certainement on doit reconnaître que le torrent de Bagnes n'est qu'un bien petit phénomène comparé à celui que M. de Buch suppose, et plus généralement à ceux qui ont transporté les débris des hautes montagnes à un très-grand éloignement, et dont toutes les observations géologiques forcent d'admettre l'existence.

En dernier résultat, voici comme je conçois l'opinion de M. de Buch sur le phénomène géologique dont il est ici question, d'après son Mémoire et tout ce qui précède.

« Les blocs de roches primitives que l'on trouve sur » le Jura proviennent des Alpes ; ils y ont été poussés » par un courant d'eau analogue aux torrens actuels, » mais infiniment plus considérable, lequel, tant par » son extrême rapidité que par le mélange de la grande » quantité de matières terreuses qu'il tenait en suspen- » sion, était capable de vaincre suffisamment l'action de » la gravité sur les blocs pour les empêcher de tomber » ailleurs que sur les digues que ce courant a rencontrées » dans son cours ; et les observations faites lors de la dé- » bâcle de la vallée de Bagnes tendent à appuyer cette » conjecture. »

---

réduite graduellement à 18 pieds, 12 pieds, et enfin, à 6 pieds par seconde.

OBSERVATIONS.

N'ayant jamais fait sur les lieux une étude particulière de toutes les circonstances du grand fait géologique dont il est ici question, je n'entreprendrai point une discussion approfondie des causes qui ont pu le produire, surtout avec M. de Buch, qui s'en est occupé si spécialement et avec tant de succès pendant plusieurs années de séjour à Neufchâtel et dans quelques voyages postérieurs. Cependant, ayant pu observer quelques-uns de ces dépôts de blocs dans les excursions que j'ai faites en Suisse, et ayant lu une grande partie de ce qui a été publié sur ce phénomène, je me permettrai de hasarder ici quelques observations.

J'admets avec M. de Buch, comme avec Saussure, Dolomieu, Escher, etc., l'origine alpine, sur laquelle les rapprochemens que M. de Buch est parvenu à faire entre ces blocs et diverses roches des Alpes encore en place, me paraissent ne plus laisser aucun doute.

J'admettrai également volontiers avec lui et les mêmes savans, qu'il est assez probable que le transport des blocs s'est opéré par une violente débâcle, par des courans d'eau considérables qui se sont précipités des Alpes sur le Jura, dans la direction des débouchés des grandes vallées actuelles; enfin, je crois que ces courans devaient nécessairement être très-limoneux, par suite des grandes dévastations qu'ils occasionnaient.

Néanmoins il ne me paraît pas aussi évident qu'à M. de Buch que ces causes aient pu suffire seules pour produire les effets observés, et qu'elles n'aient pas été aidées

de quelque autre circonstance qui nous est encore inconnue.

Malgré ses calculs ingénieux pour évaluer la vitesse du courant et sa densité, il est encore bien difficile d'imaginer que des blocs aient pu faire un si long trajet sans s'enfoncer jusqu'au sol sur lequel coulait le torrent qui les transportait, et sans s'y arrêter. M. de Buch admet qu'ils ont descendu de 5100 pieds; mais il me semble que cela revient presqu'à dire qu'ils se sont maintenus à la surface du torrent, puisque cette surface devait nécessairement former une pente, d'une inclinaison proportionnée à la rapidité de l'écoulement. Or, en supposant que cette pente de la surface du courant eût absorbé la totalité des 5100 pieds qui forment la différence de hauteur entre la pointe d'Ornex et le gîte actuel des blocs sur le Jura, sa valeur moyenne (déduite du rapport entre la hauteur de la chute et l'espace horizontal parcouru) ne serait que de 0.014; ce qui paraîtra bien faible, puisque la vitesse de 18 pieds par seconde du torrent de Bagnes, dans la moyenne partie de son cours (entre Bagnes et Martigny), correspond, d'après l'observation des hauteurs et la distance, à une pente de 0.017, et que si on suivait cette comparaison, la pente de 0.014 n'indiquerait qu'une vitesse de moins de 15 pieds par seconde. Il est vrai qu'on pourrait présumer que le grand courant des blocs, ne rencontrant presqu'aucun obstacle, devait, à égalité de pente, avoir plus de vitesse que le torrent de Bagnes; mais en doublant, triplant cette vitesse de 15 pieds par seconde, à laquelle on est conduit par la comparaison précédente, il y a lieu de douter que cette vitesse ait pu être suffisante, même avec le secours

de la densité de la masse liquide, pour maintenir les blocs à la surface pendant tout le trajet.

Ce n'est pas là non plus ce que prétend M. de Buch; il suppose seulement que la vitesse et la résistance du milieu ont suffisamment balancé la gravité des blocs pour qu'ils ne s'enfonçassent que de 5100 pieds dans la masse liquide pendant le temps de leur transport : il fallait donc que la surface du courant fût plus élevée et qu'elle atteignît la cime du Jura, ou même qu'elle la dépassât; ce qui nécessairement diminue la pente générale qu'on doit lui supposer, et par conséquent sa vitesse moyenne; à moins que l'on ne veuille admettre également que le point de départ, et par conséquent le gîte primitif des blocs, était à une plus grande élévation que celle qui a été indiquée; supposition nouvelle qui serait sujette à de grandes difficultés, à cause des dépôts de blocs qui existent sur le cirque de Pierre-à-Voie, à Liddes et ailleurs, et qui paraissent fixer les limites de la hauteur de la masse liquide près de son origine.

De plus, d'autres faits s'opposent encore à ce que l'on puisse présumer que le courant se soit élevé jusqu'à la cime du Jura; car, dans ce cas, il serait bien étonnant que les matières terreuses tenues en suspension par le torrent ne fussent pas venu s'amonceler sur toutes les pentes et recouvrir les blocs qui dès-lors ne se trouveraient pas isolés sur le calcaire du Jura, comme nous les voyons.

Enfin, même en mettant de côté toutes ces objections, et en accordant qu'un torrent ait été assez rapide et assez limoneux pour vaincre l'action de la gravité sur les blocs, il est encore assez difficile d'imaginer que, pendant tout

le trajet, les blocs de roches granitoïdes se soient maintenus constamment dans le centre du courant, c'est-à-dire, dans la direction de la plus grande force, et qu'aucun n'ait pu échapper latéralement et tomber dans les espaces intermédiaires où M. de Buch n'en a observé aucun.

Je ne développerai pas davantage toutes ces considérations; je crois les avoir suffisamment indiquées pour faire sentir que les causes assignées par M. de Buch ne paraissent pas être assez en rapport avec les faits qu'elles sont supposées avoir produits. Peut-être, au surplus, M. de Buch trouvera-t-il facilement à répondre à ces objections; je souhaiterais vivement qu'il l'entreprît, et je m'applaudirais de lui avoir fourni une occasion d'ajouter encore de nouveaux traits au tableau d'un phénomène qu'aucun autre géologue n'a observé jusqu'ici plus complètement que lui, et n'a décrit avec plus d'intérêt.

Mais je ferai remarquer que toutes ces difficultés auxquelles l'explication du phénomène donnée par M. de Buch est sujette proviennent d'une condition première qu'il a admise implicitement dans son hypothèse, savoir: qu'à l'époque du transport des blocs, l'espace qui sépare les Alpes du Jura était dans son état d'abaissement actuel. C'est pour satisfaire à cette supposition à laquelle il s'est astreint, qu'il a été forcé de chercher une cause capable de vaincre l'action de la gravité sur les blocs.

Dans les autres opinions sur les causes du transport, on a supposé des *glaçons*, des *radeaux* de bois flottans qui auraient porté les blocs, ou un *plan incliné* détruit postérieurement, sur lequel un courant rapide les aurait poussés; hypothèses qui font parfaitement concevoir

comment ils ont pu arriver sur les pentes du Jura, à 1900 pieds au-dessus des plaines. M. de Buch les a rejetées (*voyez* l'Extrait, p. 21), d'après ce motif que, dans ces divers modes de transport, les blocs auraient dû venir se déposer sur le Jura tous au même niveau, et qu'on ne les verrait pas, comme il annonce l'avoir constaté, former par l'ensemble de leurs différentes hauteurs dans un même dépôt, une espèce de zone, c'est-à-dire, une ligne courbe s'inclinant vers l'horizon, des deux côtés, de part et d'autre de la direction centrale du courant.

Cette objection est sans doute très-forte contre l'hypothèse des radeaux ou des glaçons flottans; mais elle ne paraît point exacte par rapport à celle d'un *plan incliné*. On voit fréquemment dans les montagnes des torrens former, dans leurs crues, de semblables plans inclinés par l'accumulation successive des matières qu'ils charrient. Ces plans inclinés peuvent être comparés, en général, à une vaste chaussée descendante, bordée de chaque côté par une pente courbe; le torrent coule le plus souvent sur la partie la plus élevée de cette chaussée, d'où il pousse les débris terreux qu'il entraîne, en partie en avant, en partie latéralement, en même temps qu'il en dépose aussi sur son fond qu'il élève graduellement. Il résulte de cette idée qu'on vient de donner de cet amas de matières d'alluvion, que la coupe transversale du plan incliné qu'il forme serait une courbe plongeant de part et d'autre vers l'horizon. Or, certainement si l'on suppose que le torrent qui élève cet amas rencontre, dans son cours, un obstacle, une forte digue, présentant quelques parties unies, on ne peut douter que les débris qu'il

charrie, venant à s'y échouer, n'y tracent une semblable courbe.

Si maintenant on considère que les débouchés principaux des Alpes, à l'époque très-reculée où ils ont commencé à prendre leurs directions actuelles, ne devaient pas avoir la profondeur que nous leur voyons à présent, qu'en même temps tout porte à croire que les masses d'eau qui en sortaient étaient beaucoup plus abondantes qu'aujourd'hui (ce qui est prouvé par la grandeur des résultats de tout genre qu'il est difficile de ne pas attribuer à leur action), on concevra facilement que ces masses d'eau ont dû verser, dans les plaines de la Suisse, une énorme quantité de débris pierreux et terreux, que chacun d'eux a dû les amonceler comme les torrens actuels sous cette forme de chaussée en plan incliné que nous venons d'indiquer, et qu'enfin, par un accroissement graduel en longueur et en élévation, ces plans inclinés ont pu parvenir à atteindre le Jura. Dès-lors rien ne s'oppose à ce que l'on imagine que, par des débâcles extraordinaires produites par la rupture de retenues formées accidentellement, comme celle de la vallée de Bagnes, mais beaucoup plus considérables, des blocs énormes arrachés des sommités ont pu être poussés par un courant violent, le long du plan incliné, jusqu'au Jura, sur lequel ces blocs auront été s'échouer en y formant par leur ensemble une ligne courbe, représentant la coupe transversale du plan incliné.

Je ne prétends nullement donner tout ce qui précède comme étant la véritable explication du transport des blocs ; il est très-possible qu'il existe dans le phénomène quelque circonstance qui tende à la faire rejeter ; mais en

se bornant à considérer la chose en général, il me semble que, dans les suppositions que je viens d'établir, et dans la conséquence que j'en ai tirée sur la forme courbe et non horizontale des dépôts de blocs, il n'y a rien qui ne soit admissible; aussi, lorsque je soumis cette hypothèse à M. de Buch, il m'en parut frappé et ne me fit aucune objection; seulement il me répondit avec raison qu'il resterait à expliquer ce qu'était devenu le plan incliné, et quelles causes probables avaient pu le détruire postérieurement; et il ajouta que, dans les hypothèses géologiques, il voulait éviter d'admettre des suppositions de changemens aussi grands à la surface du globe.

Je suis aussi ennemi que M. de Buch de ces écarts de l'imagination dont on a eu tant d'exemples en géologie, surtout avant l'époque actuelle de cette science; cependant je pense qu'il est toujours permis et même quelquefois très-utile d'indiquer les conjectures qui paraissent être la conséquence immédiate et nécessaire d'un grand nombre de faits : or, ici, si je ne me trompe, il ne serait pas difficile d'en trouver qui pussent donner l'explication dont il s'agit, celle de la destruction postérieure des plans inclinés supposés.

Si l'on réfléchit sur la constitution minérale de toute cette partie de la Suisse qui avoisine le Jura, sur le niveau généralement moins élevé du sol des cantons de Vaud, de Neufchâtel, de Soleure, etc. jusqu'au lac de Constance, comparativement à celui des contrées adjacentes au sud-est; sur les lacs nombreux qui s'y trouvent, leur profondeur considérable, et les preuves plus ou moins probables de leur plus grande élévation au-

cienne; sur la nature du terrain de cette longue bande, qui est principalement un sable ou un grès souvent peu solide (1), soit dans les plaines unies, soit dans toute la masse des collines, et même des montagnes qui s'en élèvent çà et là, jusqu'à 2 et même 3000 pieds de hauteur au-dessus des lacs; sur la stratification de ces grès qui est quelquefois inclinée jusqu'à 45 degrés; enfin, sur une foule d'autres caractères qu'il serait trop long de développer ici, on sera entraîné à reconnaître, comme l'ont déjà fait beaucoup d'observateurs, que cette partie de la Suisse a été d'abord remplie de matières de transport jusqu'à une assez grande hauteur, et que postérieurement de nouvelles alluvions ont raviné, rompu, morcelé, entraîné une grande partie de ce premier dépôt, et rabaissé le niveau du sol à son état actuel; mais qu'en même temps les débris d'un plus grand volume et qui reposaient sur une base solide et plus abritée, comme

---

(1) Ces grès ont été assez généralement regardés comme étant le résultat d'alluvions locales anciennes, postérieures à toutes les formations générales, ainsi que les poudingues (*nagelfluhe*) qui les précèdent du côté de l'est. M. de Buch lui-même a émis formellement cette opinion (*Geogn. beobacht.* t. I. p. 175 et 176.) Je sais depuis que d'autres naturalistes distingués ont pensé que c'était la formation de grès bigarré (*bunte sandstein*), c'est-à-dire, une formation ancienne générale. Je ne connais pas assez les motifs qui les ont déterminés; ainsi je m'abstiendrai de prononcer sur cette opinion: j'avouerai que la première me paraît jusqu'ici assez conforme aux observations. Au surplus, la solution de cette question est assez indifférente aux considérations qui sont exposées ici.

les blocs du Jura, ont dû échapper à cette action destructive.

Il ne serait pas impossible que cette grande dégradation ait été opérée par les mêmes courans des Alpes qui avaient précédemment amené au moins une partie de ces matières de transport et charrié les blocs sur le Jura; car on sait qu'un même torrent tantôt élève, tantôt creuse le sol suivant différentes circonstances; mais d'autres caractères conduisent à conjecturer une cause différente. Cette partie basse de la Suisse dont nous parlons se joint, au nord-est, avec les plaines du Danube; et, au sud-ouest, elle communique par le détroit du fort l'Ecluse avec toutes les plaines du bassin du Rhône, qui, comme on le sait, sont remplies de galets, de sables et autres matières de transport; ce qui forme une longue bande non interrompue de terrains d'alluvions anciennes qui paraissent avoir été sinon produits, au moins modifiés par une même cause dont la direction était parallèle à la chaîne du Jura.

Je suis loin d'attacher une grande importance en particulier à chacune de ces idées; il faudrait, pour les établir d'une manière positive, avoir pu étudier sur les lieux tous les détails des phénomènes qu'elles peuvent servir à expliquer; mon seul but a été de faire sentir que tout le sol de transport de ce qu'on appelle *la Basse-Suisse* a subi évidemment de grandes dégradations auxquelles on peut très-bien attribuer la destruction des *plans inclinés* que l'on a supposé avoir favorisé le transport des Alpes sur le Jura.

On doit d'ailleurs faire remarquer que ces dégradations, ces alluvions destructives, postérieures au trans-

port des blocs, ne paraissent pas moins nécessaires à admettre dans l'hypothèse adoptée par M. de Buch; car, si un courant, tant par sa rapidité que par sa densité, a été capable de porter des Alpes sur le Jura, et jusqu'à 1900 pieds de hauteur au-dessus de la plaine, des blocs énormes, il aura dû y pousser également, et y accumuler au moins jusqu'à cette hauteur, les menus débris des sables, et en former un énorme talus sur les flancs de la chaîne : or, comme ce talus n'existe pas, il faut nécessairement qu'il ait été détruit et enlevé par des dévastations plus modernes.

Il résulte de tout ce qui précède qu'aucune des objections qui ont été faites contre la supposition de l'existence des *plans inclinés* sur lesquels les blocs de roches des Alpes auraient été poussés sur le Jura par des torrens, ne paraissent pas assez solides pour la faire rejeter. Mais, d'un autre côté, je ne pense pas que nous soyons encore assez avancés dans la connaissance exacte de tous les détails du phénomène pour pouvoir établir ce mode d'explication d'une manière inébranlable.

Ainsi que je l'ai déjà dit, l'origine alpine me semble devoir être maintenant reconnue; le transport par des courans d'eau ou de grandes débâcles paraît aussi extrêmement probable; mais au delà, nous ne pouvons ajouter, quant à présent, que des conjectures hypothétiques qui satisfont toujours plus ou moins imparfaitement aux faits observés. On aurait tort cependant de les repousser; car, lorsqu'elles sont combinées avec sagacité et appuyées sur une connaissance étendue des observations, elles ont le très-grand avantage de présenter les phénomènes sous différentes faces, de les faire comparer sous des rapports

nouveaux ; et certainement le Mémoire de M. de Buch mérite, à cet égard, plus qu'aucun autre de fixer l'attention des géologues. Nous ne devons jamais oublier que la plupart des théories les mieux établies aujourd'hui dans les sciences physiques n'auraient peut-être jamais été découvertes sans le secours des hypothèses qui ont été plus ou moins accréditées avant elles, et dont elles ont fait reconnaître la fausseté.

RECHERCHES *analytiques sur divers minéraux de Suède.*

PAR M. W. HISINGER.

(Traduites du *Afhandlingar i Fysite, Kemi och Mineralogi.* vol. IV. Stockholm, 1815.)

Pyrosmalith.

CE minéral a été trouvé, il y a quelques années, par MM. Claesson et H. Gahn fils, à Bjelkes-Grufvan, une des mines de fer de Nordmark en Wermeland. M. J.-G. Gahn le père y a aussitôt découvert la présence de l'acide muriatique, dont l'odeur, qui se dégage en chauffant la pierre au chalumeau, donna lieu à M. Hausmann de l'appeler *pyrosmalith* (substance qui devient odorante au feu.) Les expériences suivantes non-seulement confirment l'existence de l'acide muriatique, mais elles m'ont aussi appris à connaître les autres substances dont ce minéral est composé.

La couleur à la surface est d'un brun jaunâtre (accidentel, à ce qu'il me paraît), dans l'intérieur, d'un jaune pâle verdâtre. Jusqu'ici il n'a été trouvé qu'en prismes hexaèdres, dont les sommets sont tronqués, et dont la hauteur varie d'une ligne à un pouce, rarement au-delà (1). On en trouve quelquefois aussi des cristaux moins déterminés. Le spath calcaire, l'amphibole et le fer magnétique sont sa gangue ordinaire.

La division principale est perpendiculaire à l'axe du prisme ; mais il y a encore trois autres divisions, moins déterminées, parallèles aux faces du prisme ; ce qui donne le prisme hexaèdre pour la forme primitive.

La cassure longitudinale est lamelleuse et nacrée, tandis que la cassure transversale est écailleuse, inégale et d'un faible éclat.

Il est opaque, demi-dur ; il se laisse rayer avec le couteau et donne une poussière verte claire. La pesanteur spécifique = 3.081.

Traité par le chalumeau et sans addition, il devient d'un brun noirâtre, avec dégagement de vapeurs d'acide muriatique ; il se fond ensuite à un feu plus fort et donne un globule noir, attirable par l'aimant.

---

(1) Dans la collection de minéraux du collége des mines à Stockholm, il y a un cristal isolé, en forme de prisme hexaèdre, dont la hauteur est d'environ un pouce et demi, et la largeur d'un peu plus d'un pouce. Il se trouvait parmi les minéraux de Bjelkes-Grufvan, sans que l'on y eût fait une attention particulière, jusqu'à la découverte de MM. Claesson et Gahn. (*Note du Traducteur.*)

Il se dissout aisément et en assez grande quantité dans le verre de borax, et lui communique une couleur qui indique la présence du manganèse et du fer. Il se dissout aussi dans le sel microcosmique, mais avec plus de difficulté.

Ma première analyse de ce minéral m'a donné pour sa composition, sur 100 parties :

Silice,	35.40 ;
Oxide de fer,	32.60 ;
Oxide de manganèse,	23.10 ;
Alumine,	0.60 ;
Acide muriatique et eau,	6.50.
	98.20.

Lorsque M. Berzelius publia son esquisse d'un système minéralogique, arrangé d'après des principes purement chimiques, il plaça ce minéral dans la famille du manganèse, en le considérant comme un silicate double d'oxidule de fer et d'oxidule de manganèse, mécaniquement mêlé de sous-muriate de fer : cette conjecture me paraissant probable, je profitai d'une occasion qui se présenta, de répéter mon analyse conjointement avec lui, et je vais exposer les résultats de ces recherches.

1) Nous fîmes digérer, dans une fiole bouchée, 120 grains de la pierre en poudre très-fine avec de l'acide nitrique faible et parfaitement pur. La pierre se décomposa lentement, et on donna de temps en temps issue au gaz nitreux qui se dégagea. La digestion étant continuée, le minéral se trouva, au bout de deux jours, entièrement décomposé, et il nous resta de la silice non

dissoute, qui, séparée, lavée et rougie au feu, pesait 45.5 grains; ce qui revient à 34.6 pour 100.

2) La dissolution fut précipitée avec du nitrate d'argent un peu en excès. Le précipité, lavé et fortement séché, pesait 18.3 grains, représentant 3.486 gr. d'acide muriatique; ce qui équivaut à 2,905 pour 100.

3) Après avoir précipité par de l'acide muriatique l'oxide d'argent qui se trouva dans la liqueur, on la satura avec de l'ammoniaque caustique, et on y ajouta ensuite du succinate d'ammoniaque. Le succinate de fer qui s'est formé, étant séparé, lavé et brûlé dans un creuset ouvert, laissa 42.57 grains (ou 35.475 pour 100) d'oxide de fer rouge.

4) La liqueur, précipitée par le succinate d'ammoniaque, fut mêlée avec du carbonate de potasse. Le précipité s'étant déposé, nous fîmes décanter et bouillir le liquide dans une cornue de verre, en y mêlant de temps en temps du sous-carbonate de potasse, jusqu'à ce que l'ammoniaque fût entièrement chassée, et la liqueur se trouva alcaline. Les deux précipités ainsi obtenus furent recueillis et lavés sur un même filtre, puis chauffés au rouge dans un creuset ouvert. Il en résulta 31.08 grains d'oxide de manganèse rougeâtre; ce qui nous parut indiquer la présence de substances étrangères.

5) L'oxide fut donc dissous dans l'acide muriatique. La solution, étant séchée et reprise ensuite par de l'eau, laissa 1.5 gr. (ou 1.25 pour 100) de silice; ce qui donna pour total 35.85 pour 100 de silice.

6) La dissolution de l'oxide de manganèse fut mêlée avec de l'hydrosulfure d'ammoniaque; d'où il résulta un

précipité d'hydrosulfure de manganèse, couleur de chair. La liqueur, ayant été séparée par filtration, donna avec de l'oxalate d'ammoniaque un précipité blanc d'oxalate de chaux. Ce précipité fut décomposé au feu et ensuite combiné avec de l'acide sulfurique. Le sulfate de chaux obtenu, chauffé, pesait 3.5 grains, qui contiennent 1.452 grains (ou 1.21 pour 100) de chaux pure.

Soustraction faite de 1.5 grains de silice et de 1.452 gr. de chaux des 31.08 grains d'oxide de manganèse, il nous en reste 28.13 grains (ou 23.444 pour 100) d'oxide de manganèse pur, et le résultat de l'analyse devient :

Silice,	35.850;
Oxide de fer,	35.480;
Oxide de manganèse,	23.444;
Acide muriatique,	2.905;
Chaux,	1.210.
	98.889.

En considérant que ce minéral contient plusieurs parties pour 100 d'eau, il est clair que l'analyse a donné un excès, suite nécessaire d'un plus haut degré d'oxidation qu'ont gagné les oxidules de fer et de manganèse dans l'analyse.

Or, il s'agit de savoir si l'acide muriatique est une partie constituante nécessaire du minéral ou non. 100 parties d'acide muriatique saturent une quantité de base dont l'oxigène est 29.185, et par conséquent 2.905 parties de cet acide saturent une quantité de base dont l'oxigène est 0.85. Or, comme cet acide doit contenir

deux fois autant d'oxigène que la base dont il est saturé, l'oxigène de cette quantité d'acide muriatique est 1.7; mais 23.444 p. d'oxide de manganèse répondent à 21.14 p. d'oxidule, dont l'oxigène est 4.65; nombre qui n'est en aucune proportion multiple avec 1.7. Ajoutons encore que la chimie théorique ne nous offre aucune combinaison chimique dont l'analogie pourrait nous donner lieu à nous représenter toutes ces substances différentes, chimiquement combinées, et il sera, par la suite, encore plus évident que le muriate contenu dans le pyrosmalith y entre seulement comme mélange accidentel.

Cela étant admis, il se présente encore la question : quelle est la base dont l'acide muriatique y est saturé? Ce n'est ni la chaux ni l'oxidule de manganèse, puisque leurs combinaisons avec l'acide muriatique ne se laissent pas décomposer à une température élevée. Ce n'est pas non plus l'oxidule de fer dont le muriate résiste aussi au feu sans se décomposer, quoiqu'il se volatilise à un très-haut degré de chaleur. Comme on obtient par la distillation du minéral un sublimé de muriate de fer oxidé avec un peu d'eau, il est clair que l'acide y est combiné avec l'oxide de fer rouge; mais cette combinaison est, selon toute apparence insoluble dans l'eau, puisque celle-ci n'en extrait rien par l'ébullition : le muriate de pyrosmalith est donc probablement un sous-muriate de fer oxidé combiné avec de l'eau.

Mais 2.905 parties d'acide muriatique produisent avec 11.19 p. d'oxide de fer rouge le sous-muriate. Retranchons ces 11.19 des 35.48 p. d'oxide de fer déjà trouvées, et il en reste pour le silicate 24.29 p., qui répondent à 21.81 p.

d'oxidule de fer. Nous aurons ainsi, pour la composition du silicate :

Silice,	35.85 ;
Oxidule de fer,	21.81 ;
Oxidule de manganèse,	21.14.

L'oxigène du dernier est 4.65, et celui de l'oxidule de fer 4.9; il est donc bien clair que ces deux substances doivent contenir, dans la pierre, la même quantité d'oxigène, et que la petite différence doit être attribuée en partie à quelque défaut dans l'analyse, et en partie à un mélange étranger d'oxide de fer; substance qui se trouve comme ingrédient accidentel dans presque tous les minéraux.

L'oxigène de la silice est 18.032; mais $4.65 \times 4 = 18.6$; d'où il suit que la silice contient deux fois autant d'oxigène que la base dont elle est saturée.

Voici donc le vrai résultat de l'analyse :

Silice,	35.850 ;
Oxidule de fer,	21.810 ;
Oxidule de manganèse,	21.140 ;
Sous-muriate de fer oxidé,	14.095 ;
Chaux,	1.210 ;
Eau et perte,	5.895.
	100.000.

Il n'y a pas de doute que l'eau appartient au sous-muriate, et elle y doit alors contenir la même quantité d'oxigène que l'oxide de fer, ou, ce qui revient au même, il y a dans ce sel, 4 pour 100 du poids de la pierre, d'eau. La formule qui peut servir pour exprimer la composition

essentielle du pyrosmalith devient alors : $mgs^2 + fs^2$; combinaison dont les bases se trouvent en même quantité relative dans le tantalite de Finlande.

Le demi pour cent d'alumine obtenu dans la première analyse n'est certainement qu'un mélange, aussi-bien que la chaux que nous venons de trouver, cette dernière étant due au spath calcaire, qui se trouve entremêlé dans le minéral, et dont l'acide carbonique probablement a fait une partie de la perte.

Cérin.

Le minéral qui fait l'objet de cette analyse est différent de celui qu'on a appelé *cérite*, aussi-bien quant à ses propriétés extérieures qu'à sa composition chimique. Il ressemble au wolfram et à l'amphibole ; mais on l'en distingue aisément par sa pesanteur spécifique, sa fusibilité, la couleur de sa poussière, etc.

Comme il m'a paru contenir une assez grande quantité d'oxide de cérium pour mériter d'être placé auprès du cérite, je proposerai pour lui le nom de *cérin* (cerine).

Sa couleur est noire à l'extérieur, et quelquefois brunâtre dans la cassure. On le trouve seulement amorphe, tantôt compacte, tantôt lamelleux. Les lames, qui sont fortement éclatantes à leur surface, se trouvent toujours irrégulièrement disposées, en sorte que le clivage ne peut pas être déterminé. La cassure transversale est compacte et presque sans éclat. La poussière est d'un gris jaunâtre.

Il est tout-à-fait opaque.

Sa dureté est médiocre ; il raie le verre et donne du feu avec le briquet.

Sa pesanteur spécifique = 3.77 à 3.8.

En traitant le *cérin* avec le chalumeau et sans addition, il se fond aisément en un globule noir et opaque, faiblement attirable par l'aimant. Il se dissout aisément dans le verre de borax, qui prend une couleur brun-jaunâtre. Fondu avec de la soude, il donne un globule d'un gris verdâtre foncé.

Le cérin se trouve en Westmannie, à Bastnœs, mine de cuivre abandonnée ; il est tantôt compacte, entremêlé de cérite, tantôt lamelleux, environné d'asbeste vert. Après m'être informé, par des expériences préliminaires, que le *cérin* était composé de silice, d'alumine, de chaux et d'oxidules de cérium et de fer, j'en ai entrepris l'analyse quantitative suivante :

a) 5.25 grammes du minéral bien pulvérisé perdirent au feu 0.021 grammes, et il se dégageait une faible odeur de soufre due au sulfure de cuivre, dont le minéral n'a pas pu être parfaitement débarrassé. La couleur était presque la même ; elle était devenue seulement un peu plus foncée.

b) J'ai d'abord traité le minéral avec des acides ; mais comme ils ne produisirent qu'une décomposition partielle, je l'ai mêlé en poudre fine avec 12 grammes de sous-carbonate de potasse, dans un creuset de platine, et j'ai exposé la masse au feu pendant une heure. Elle était fondue et blanche avec des taches vertes et d'un jaune verdâtre. Mise en digestion avec de l'eau, elle donna une solution incolore, et la plus grande partie de la masse resta non dissoute. La liqueur alcaline, sur-saturée avec de l'acide muriatique, évaporée à siccité, puis redissoute dans l'eau, laissa de la silice, qui, lavée et rougie

au feu, pesait 0.314 grammes. Le liquide séparé donna ensuite avec du carbonate de potasse un précipité jaunâtre qui, par le moyen de la potasse pure, fut décomposé en 0.015 grammes d'oxide de fer et en 0.005 gramm. d'alumine.

c) La partie du minéral décomposé qui était insoluble dans l'eau se dissolvait entièrement dans l'acide muriatique. La solution étendue était d'une couleur jaune-verdâtre; concentrée et chaude, elle devint d'un rouge foncé, et elle donna, par l'évaporation à siccité, une masse saline qui avait des taches rouge-jaunâtres et jaune-verdâtres. En faisant dissoudre ce sel dans de l'eau contenant un peu d'acide muriatique, j'obtins de la silice non dissoute, qui, par la fusion avec de la soude, produisit un verre clair et incolore, et qui, chauffée, pesait 1.27 gramm.

d) La dissolution dans l'acide muriatique ayant été neutralisée avec de l'ammoniaque caustique, je fis précipiter l'oxide de fer avec du benzoate d'ammoniaque. Ayant lavé et brûlé le benzoate de fer, il me resta 1.073 grammes d'oxide de fer rouge.

e) Après avoir chassé du liquide, par l'évaporation et avec de l'acide nitrique, l'excès de l'acide benzoïque, j'y ajoutai de l'ammoniaque caustique en excès. Il se produisit un précipité gris-blanchâtre, et la liqueur présenta une couleur bleuâtre. Ayant séparé et lavé le précipité, je le fis bouillir, encore humide, avec de la potasse caustique, qui en tira 0.59 grammes d'alumine.

f) La partie restante du précipité prit, au feu, une couleur brunâtre et pesait 1.48 grammes.

Cette substance avait toutes les propriétés de l'oxide de cérium; il se dégageait, par sa digestion avec de

l'acide muriatique, une forte odeur de gaz oxi-muriatique : la dissolution, versée dans une solution de sulfate de potasse, donna un précipité de sulfate double de potasse et de cérium; l'oxalate de potasse y produisit un précipité blanc; le précipité par de l'ammoniaque n'était pas soluble dans la potasse pure, etc.

g) La liqueur bleue (*e*) contenant de l'ammoniaque en excès fut sur-saturée avec de l'acide muriatique; ce qui lui ôta sa couleur : la solution, étant neutralisée avec de l'ammoniaque, puis mêlée avec du prussiate de potasse, donna un précipité rouge qui, chauffé, laissa 0.046 grammes d'oxide de cuivre.

h) Ayant enfin fait bouillir le liquide, j'y ajoutai pendant l'ébullition du carbonate de potasse. Il se produisit un précipité blanc de carbonate de chaux qui, poussé au feu, laissa 0.479 grammes de chaux pure. La composition du cérin devient ainsi :

Silice,	(*b*) 0.314 (*c*) 1.270	1.584	. . . .	30.17.
Alumine,	(*b*) 0.005 (*e*) 0.590	0.595	. . . .	11.31.
Chaux,	(*h*)	0.479	. . . .	9.12.
Oxide de cérium	(*f*)	1.480	. . . .	28.19.
Oxide de fer,	(*b*) 0.015 (*d*) 1.073	1.088	. . . .	20.72.
Oxide de cuivre accidentel	(*g*)	0.046	. . . .	0.87.
Parties volatiles,	(*a*)	0.021	. . . .	0.40.
		5.293 gram.		100.78.

Au lieu d'avoir une perte, comme cela est ordinaire dans les expériences analytiques, j'ai obtenu ici un léger

excès ; ce qui indique que les oxides métalliques contenus dans le *cérin* doivent s'y trouver en état d'oxidules. Ayant trouvé, par d'autres expériences, que l'oxidule de cérium contient 14.912 pour 100 d'oxigène, et que l'oxide en contient la moitié en sus, il est clair que l'excès trouvé dans l'analyse doit provenir de l'oxidation des oxidules. Sa couleur est d'ailleurs une preuve que le fer y doit être à l'état d'oxidule.

Quant à la composition chimique de ce minéral, elle est si compliquée, qu'il est impossible de l'établir définitivement, d'après la théorie des proportions chimiques, du moins par analogie avec ce que nous savons jusqu'ici sur les combinaisons des corps inorganiques. Il faudrait déterminer si le minéral en question est une combinaison chimique de $CS^2 + 2\,AS^2$ avec $ceS^2 + fS^2$, ou s'il n'est pas plutôt, d'après la conjecture de M. Berzelius, un mélange d'amphibole avec du cérite.

Grenat de Fahlun.

Les gros grenats recouverts d'une pellicule de chlorite, qui se trouvent dans la mine de cuivre à Fahlun, sont très-connus et se trouvent dans presque tous les cabinets de minéraux ; en sorte qu'il est inutile d'en donner une nouvelle description.

Je ferai seulement observer que sa forme ordinaire est un dodécaèdre rhomboïdal ; que sa couleur intérieure est d'un brun rougeâtre foncé qui, sur les bords, se rapproche du pourpre ; que la grandeur varie du poids d'une demi-once jusqu'à celui de dix ou douze livres, et que j'ai trouvé sa pesanteur spécifique $= 4.2$.

De petites lames de ce grenat se fondent par le chalumeau, et donnent un globule noir opaque qui se laisse attirer un peu par l'aimant. Il se dissout aisément dans le borax; le verre produit devient vert dans la flamme intérieure, et rouge sanguin dans la flamme extérieure; cette dernière couleur s'affaiblit pendant le refroidissement, de même que cela a lieu avec l'oxide de fer.

Il se fond avec effervescence avec la soude, et le produit est une scorie verdâtre.

Il perd au feu tout au plus un tiers pour cent d'humidité.

a) 3 grammes de grenat bien pulvérisé furent exposés au feu, dans un creuset de platine, avec 12 grammes de sous-carbonate de potasse. La masse ayant été dissoute dans l'acide muriatique, ensuite évaporée à siccité, et enfin mêlée d'eau contenant un peu du même acide, il resta de la silice, qui, lavée et chauffée, pesait 1.19 grammes.

b) On fit bouillir la solution, et on y ajouta pendant l'ébullition du carbonate de potasse. Le précipité obtenu fut traité avec de la potasse pure; la dissolution alcaline fut sur-saturée d'acide muriatique, et ensuite précipitée avec du carbonate d'ammoniaque; ce qui donna 0.590 grammes d'alumine.

c) La partie non dissoute par la potasse caustique fut reprise par l'acide nitro-muriatique, et ensuite précipitée de nouveau par du carbonate d'ammoniaque. Le précipité était de l'oxide rouge de fer, qui, chauffé, pesait 1.38 grammes.

d) Le liquide sur-saturé d'ammoniaque a été mêlé d'un peu plus de potasse caustique qu'il n'en fallait pour saturer tout l'acide combiné avec l'ammoniaque; la

potasse précipita de l'oxide de manganèse, qui, chauffé, pesait 0.015 gramm. Dans une autre expérience, on précipita l'oxide de fer par du benzoate d'ammoniaque, et ensuite l'oxide de manganèse, en faisant bouillir la solution long-temps avec un excès de sous-carbonate de potasse. On en obtint de l'oxide de manganèse, 1.8 pour 100 du poids de grenat.

L'analyse a donc donné :

		Contenu en oxigène.
Silice,	39.66	19.67 ;
Alumine,	19.66	9.18 ;
Oxide de fer 44.2 ; ce qui fait en oxidule,	39.68	9.04.
Oxide de manganèse,	1.80	
	100.80.	

Si on admet l'existence de l'oxide rouge de fer dans ce grenat, il y a un excès de 5.32 pour cent : or, cet excès ne pourra être attribué qu'à une nouvelle dose d'oxigène absorbée par l'oxidule de fer. La couleur des grenats paraît indiquer qu'ils doivent contenir de l'oxide rouge ; mais elle est, selon toute apparence, due ou à de l'oxide de manganèse, ou à une petite quantité d'oxide de fer étrangère à la composition du grenat.

La constitution chimique de ce minéral est donc très-simple, et le grenat ordinaire n'est qu'un silicate double d'alumine et d'oxidule de fer, dans lequel la quantité d'oxigène, dans les deux bases, est égale à celle contenue dans la silice : cette composition sera donc représentée par AS+fS.

NOTE

Sur la Composition de l'acide phosphorique et de l'acide phosphoreux.

Sir Humphry Davy vient de publier un Mémoire *sur la composition des acides du phosphore*, dans lequel il cherche à établir que 100 p. de ce corps se combinent avec 33.63, 67,25 et 134,5 p. d'oxigène pour produire ces trois acides. Ces nombres sont entre eux comme 1, 2 et 4. Les expériences de M. Dulong, ainsi que les miennes, indiquaient que l'oxigène de l'acide phosphorique est à celui de l'acide phosphoreux comme 5 à 3, et non, comme M. Davy vient de le trouver, dans le rapport de 4 à 2. M. Davy prétend que les expériences de M. Dulong sont beaucoup trop compliquées pour pouvoir donner des résultats exacts, et que la méthode dont je me suis servi pour l'analyse de l'acide phosphorique est encore moins bien choisie (*still more exceptionable*). Ce jugement, porté par un savant aussi célèbre que M. Davy, mérite d'autant plus un examen de ma part, que son travail étant postérieur à celui de M. Dulong et au mien, l'on doit présumer qu'il n'a rien négligé pour donner à ses observations un degré de précision que nous n'avons pu atteindre.

Lorsqu'il s'agit d'expériences exactes, et surtout de celles dont le résultat doit servir (pour employer les expressions de M. Davy) à *corriger et fixer* le poids de l'atome d'une substance quelconque, il faut d'abord choisir une méthode expérimentale à l'abri de toute

objection. Par un assez grand nombre d'expériences de cette espèce, j'ai trouvé que les meilleures méthodes analytiques sont celles dans lesquelles les erreurs inévitables n'affectent point les millièmes du nombre qu'il s'agit de déterminer. C'est là le terme au-delà duquel je ne suis jamais parvenu, si ce n'est accidentellement. Une analyse dans laquelle les millièmes du poids total varient est encore bonne quand on ne peut en trouver une meilleure; mais lorsque, malgré les soins nécessaires, les résultats diffèrent de 1 pour 100, on ne peut les considérer que comme une approximation. Je regarde ces idées comme fondamentales en fait d'analyses exactes.

Examinons maintenant si les expériences de M. Davy comportent une précision suffisante pour fixer le poids de l'atome du phosphore et la composition de ses acides. Elles se partagent en deux classes, celles que M. Davy a faites lui-même, et celles qui ont été exécutées sous sa surveillance par son préparateur, M. Faraday. M. Davy a brûlé une quantité déterminée de phosphore dans du gaz oxigène; le phosphore était fondu dans un bout de tube de verre, et comme il ne pouvait brûler que par l'orifice du tube, la combustion fut beaucoup moins violente qu'elle n'aurait été sans cette précaution. Cependant tout le phosphore ne brûla pas, il en resta toujours une partie qui échappa à la combustion, et que l'on trouva sublimée dans la cornue où l'opération fut conduite. Il fallait recueillir, peser et défalquer le poids de ce sublimé de celui du phosphore employé. On voit aisément combien il doit être difficile de recueillir et peser, sans perte ou sans gain par oxidation et déli-

quescence, ce sublimé répandu en petites particules sur une étendue considérable de la surface intérieure de la cornue. Aussi, M. Davy, dans une des trois expériences dont il dit : « Je donne ces expériences comme les plus exactes que j'aie faites », n'a pu qu'estimer au hasard le poids de la partie du phosphore qui avait échappé à la combustion; et d'ailleurs ne pouvait-on pas demander si ce sublimé, déposé dans un excès de gaz oxigène, n'aurait point dû se transformer, au moins en partie, en acide phosphoreux, et par conséquent rendre le résultat encore plus compliqué. La mesure des volumes, lorsque toutes les substances employées sont gazéiformes, est sans contredit un des moyens les plus sûrs; mais il n'en est pas de même lorsqu'il faut peser l'une et mesurer le volume de l'autre : toutes les analyses faites de cette dernière manière, que j'ai eu occasion d'examiner, se sont toujours trouvées plus ou moins en défaut. C'est probablement par cette raison que, dans les trois expériences de M. Davy, la quantité d'oxigène absorbée par 100 p. de phosphore a varié de 131 à 137,2 p.; ce qui ne fait pas moins de 1,66 pour 100 du poids de l'acide phosphorique. On voit donc que la méthode dont cet habile chimiste s'est servi expose à des incertitudes que même la plus grande dextérité n'a pas pu éviter.

J'ai tâché de trouver la quantité d'oxigène absorbée par un poids donné de phosphore, en déterminant la quantité d'or et d'argent que le phosphore peut réduire: on sait que, dans cette circonstance, le phosphore se convertit en acide phosphorique, et que l'acide phosphoreux lui-même réduit l'or, l'argent, le mercure et le

cuivre de leurs dissolutions, si on les chauffe ensemble. Je n'ose pas assurer que mes expériences soient décisives ; mais du moins j'ignore encore en quoi consiste l'inexactitude de la méthode que j'ai employée. Elle m'a donné, dans trois expériences (dont deux avec de l'or et la troisième avec de l'argent), 55.93, 56 et 56.03 pour 100 d'oxigène dans l'acide phosphorique. On voit donc que s'il y a une inexactitude dans la méthode, elle est toujours une quantité constante et proportionnelle à la quantité du phosphore employé. Les variations d'un millième entre le *maximum* et le *minimum* dérivent naturellement de ce petit défaut de dextérité qui cause nos erreurs d'observations, même dans les cas les plus favorables. J'avoue que je ne puis concevoir aucune cause essentielle d'erreur dans le procédé que j'ai employé, et M. Davy aurait encore ajouté aux grandes obligations dont les chimistes lui sont redevables, s'il avait bien voulu dire en quoi consiste cette prétendue inexactitude de ma méthode.

Parmi les expériences pour lesquelles M. Davy s'est servi des mains de son préparateur, je ne citerai que celles faites avec ce qu'il appelle *protochlorure de phosphore* (*phosphorane*), et que je considère comme une combinaison des acides muriatique et phosphoreux anhydres. 100 p. de cette substance ont donné, dans trois différentes expériences, 285, 296,2 et 306.39 p. de muriate d'argent, équivalentes à 53.85, 61.11 et 70 p. d'oxigène pour 100 de phosphore dans l'acide phosphoreux. Ces différences sont un peu trop fortes pour qu'on puisse regarder ces nombres mêmes comme des approximations. Il y a probablement ici quelque

circonstance étrangère qui trouble le résultat analytique, et dont je suis loin de pouvoir conjecturer la nature ; mais comme j'ai eu occasion de faire cette expérience moi-même, je puis assurer qu'elle est de nature à ne point donner des résultats aussi inégaux. Dans deux expériences que j'ai faites, 100 p. de l'acide double ont donné 312.75 et 313.39 p. de muriate d'argent. M. Davy prétend que, dans ce muriate d'argent, il y avait une certaine quantité de phosphate. Cependant, dans la description de mes expériences, j'ai dit que, pour obvier à toute formation de phosphate ou de phosphite d'argent, j'avais mêlé le liquide avec de l'acide nitrique, et comme l'acide phosphoreux commence bientôt à réduire l'argent ajouté en excès, j'avais même fait digérer le muriate d'argent avec de l'acide nitrique avant de le prendre sur le filtre. Ayant eu connaissance du Mémoire de M. Davy, j'ai encore une fois répété cette même expérience avec des résultats sensiblement pareils, et j'ai ensuite traité le muriate d'argent par de l'acide nitrique concentré, sans que le liquide filtré ait donné de traces de phosphate d'argent ou même d'oxide d'argent dissous.

Si M. Davy voulait bien prendre la peine de répéter lui-même ces expériences, il pourrait se convaincre qu'en fait d'analyses exactes, on ne doit jamais s'en rapporter aux soins d'une autre personne ; et cela est surtout nécessaire à observer lorsqu'il s'agit de réfuter les travaux d'autres chimistes qui ne se sont point montrés ignorans dans l'art de faire des expériences exactes.

Les raisons que je viens d'exposer m'engagent à ne

point adopter l'opinion de M. Davy sur la composition des acides du phosphore. L'accord qui existe, en général, entre les expériences de M. Dulong sur cette même matière et les miennes, ajoute encore un grand poids en leur faveur, d'autant plus qu'aucun de nous n'avait connaissance du travail de l'autre, et qu'il est trop peu vraisemblable que le hasard fasse commettre la même erreur, surtout lorsque cette erreur est une exception à des règles générales. Les phosphates et les phosphites présentent des anomalies qui les font sortir des lois de composition des corps oxidés; mais j'ai réussi à trouver une autre loi qui lie les combinaisons d'une certaine classe d'acides, qui tous ont cela de commun que l'oxigène de l'acide en *eux* est à celui de l'acide en *ique* dans le rapport de 3 à 5 : tels sont les acides du phosphore, de l'arsenic et de l'azote, ce dernier considéré comme substance élémentaire. Cet accord général entre les phénomènes vient encore à l'appui de l'opinion sur la composition des acides phosphorique et phosphoreux qui m'est commune avec M. Dulong, et j'ose croire qu'exception faite de petites inexactitudes qui peuvent dériver d'un défaut de dextérité dans l'exécution des opérations analytiques, et qui toutefois ne regarderont que les derniers chiffres dans les nombres que j'ai donnés, on trouvera cette opinion fondée.

SUR *un Phénomène électrique.*

M. JAMES BRAID, chirurgien à Leadhills, rapporte, dans un Mémoire lu devant la Société wernérienne, que, le 20 février 1817, sur les neuf heures du soir, en revenant chez lui d'une course qu'il avait faite à la campagne, il vit les oreilles de son cheval entièrement lumineuses. Le contour de son chapeau paraissait aussi être tout en feu. Quelque temps après, il tomba de la neige et de la pluie en abondance; le cheval ayant été mouillé, la lumière de ses oreilles disparut aussitôt. Quant au chapeau, la flamme légère qui le bordait ne s'éteignit que lorsqu'il fut entièrement trempé.

Avant la chute de la pluie, M. Braid observait un nombre immense de petites étincelles qui s'élançaient, dans toutes sortes de directions, vers le contour du chapeau et les oreilles du cheval. Depuis le 15 février, l'atmosphère, dans les environs de Leadhills, avait été fortement électrisée : chaque jour, on avait aperçu de nombreux éclairs et entendu le tonnerre. (*Edimburgh. Magazine*, N° V, p. 471.)

Des observations semblables à celles de M. Braid ont été consignées dans le volume des *Memoirs of the american Academy* qui vient de paraître.

Le 17 janvier 1817, dans la nuit, un orage accompagné de pluie et de neige éclata sur un grand nombre de points de la côte orientale des Etats-Unis. Les éclairs se succédaient presque sans interruption; mais peu d'entre eux étaient suivis de tonnerre. Les personnes qui se trouvaient alors à la campagne, sur un terrain

élevé, virent les contours de leurs chapeaux, leurs gants, les oreilles, les queues et les crinières des chevaux, les buissons qui bordent les routes, les troncs d'arbres isolés, etc., entourés de flammes vives, vacillantes et de diverses formes. Ces flammes produisaient un léger sifflement, analogue à celui que l'eau fait entendre dans des vases métalliques, un instant avant d'entrer en ébullition : elles ressemblaient d'ailleurs parfaitement à celles qu'on observe, dans l'obscurité, sur un fil chargé de fluide électrique. Le mouvement paraissait favoriser l'apparition de ces lueurs, et quand on crachait, les petites particules de salive devenaient lumineuses à peu de distance de la bouche.

Sur *la Vertu magnétisante qu'on a attribuée au rayon violet.*

Par M. Dhombres Firmas.

Dès que la *Bibliothèque britannique* annonça la découverte de M. Morichini, je fus curieux de voir par moi-même les effets singuliers qu'il attribue au rayon violet; toutes mes tentatives furent vaines. Quelque temps après, M. Playfair, qui avait vu magnétiser des aiguilles de Boussole par ce moyen, publia de nouveaux détails; je les suivis de mon mieux, et, je l'avoue, je ne fus pas plus heureux. Il n'est peut-être pas de physicien qui n'ait éprouvé que ce qui paraît le plus simple

au premier abord, le procédé qu'on croit le plus facile, exigent quelquefois des soins minutieux, une attention soutenue, beaucoup de dextérité et surtout beaucoup de patience. J'avais réussi dans d'autres expériences fort délicates, ou du moins j'approchais du but : un commencement de succès m'encourageait à poursuivre ; dans celle-ci, je n'ai éprouvé aucun des effets observés par les physiciens italiens. Je n'ai garde d'en douter cependant : en publiant mes essais, en convenant avec franchise que j'ai échoué, je desire seulement engager quelqu'un plus habile que moi à répéter, à varier ces curieuses expériences, et à nous donner de nouvelles instructions sur la manière de les faire.

J'avais d'abord introduit le soleil dans mon cabinet au moyen d'un miroir que je faisais mouvoir de l'intérieur, afin de conserver au rayon à-peu-près la même direction. Dans l'idée que sa réflexion pouvait nuire à sa force magnétique, je fis passer un rayon direct par une ouverture de 15 millim. faite à un volet derrière lequel étaient disposés le prisme et un carton percé qui, recevant le spectre solaire, ne laissait passer que le rayon violet : je fixai ma lentille à cette ouverture (du carton), et, au lieu de promener le foyer sur l'aiguille, il me parut plus facile de passer l'aiguille dans ce foyer, lentement et toujours dans le même sens.

J'ai fait varier la distance du prisme à la lentille, et j'ai employé des lentilles de différens foyers.

Le D[r] Carpi a dit que la clarté et la sécheresse de l'air étaient essentielles, mais que la température était indifférente. Lors de ma dernière expérience faite au milieu d'octobre 1817, le ciel était très-clair, le vent au nord, le

thermomètre extérieur vers 14°; il marquait 15° et 15°,2 dans mon cabinet, et l'hygromètre de Saussure 41 deg.

M. Cosimo Ridolfi magnétisait ses aiguilles dans 30 à 45 minutes. M. Playfair dit que, dans demi-heure, l'aiguille qu'il a vu aimanter à Rome n'avait acquis ni polarité ni force d'attraction, et qu'en continuant 25 minutes de plus, elle agit énergiquement sur la boussole, et souleva une frange de limaille d'acier. J'ai eu la constance de continuer cette opération pendant plus d'une heure.

Les physiciens italiens exposaient leurs aiguilles sur les bords du rayon violet. M. Cosimo Ridolfi paraît même croire que les rayons chimiques contribuent au succès de l'expérience. Je l'ai essayée, 1° dans le rayon violet seul; 2° en recevant sur la lentille le pinceau violet et les rayons chimiques; et 3° dans ces derniers, tous seuls, à côté du spectre solaire. Une solution de muriate d'argent que j'y exposai noircit en peu de temps; mais le fil d'acier passé et repassé à leur foyer n'éprouva aucun effet.

Je dois dire que la fenêtre par laquelle j'introduisais le soleil dans mon cabinet est au couchant; par conséquent mon aiguille était à-peu-près dans le sens du méridien pendant l'opération, tandis que chez M. Morichini elle était perpendiculaire à cette direction. La situation de cette fenêtre ne m'a permis de faire mes expériences que vers deux heures après midi, tandis que M. Cosimo Ridolfi opérait entre onze heures et une heure. J'ai employé, dans plusieurs essais, des fils ronds d'acier bien trempé, au lieu de me servir d'aiguilles plates. Je ne pense pas devoir attribuer à ces circonstances la non-réussite de mes expériences.

MÉMOIRE

Sur l'Action que les rayons de lumière polarisés exercent les uns sur les autres.

Par MM. Arago et Fresnel.

Avant de rapporter les expériences qui font l'objet de ce Mémoire, il ne sera peut-être pas inutile de rappeler quelques-uns des beaux résultats que le Dr Thomas Young avait déjà obtenus en étudiant, avec cette rare sagacité qui le caractérise, l'influence que, dans certaines circonstances, les rayons de lumière exercent les uns sur les autres.

1°. *Deux rayons de lumière homogène*, émanant d'*une même source*, qui parviennent en un certain point de l'espace par deux routes *différentes et légèrement inégales*, s'ajoutent ou se détruisent, forment sur l'écran qui les reçoit un point clair ou obscur, suivant que la différence des routes a telle ou telle autre valeur.

2°. Deux rayons s'ajoutent constamment là où ils ont parcouru des chemins égaux : si l'on trouve qu'ils s'ajoutent de nouveau quand la différence des deux chemins est égale à une certaine quantité d, ils s'ajouteront encore pour toutes les différences comprises dans la série $2d$, $3d$, $4d$, etc. Les valeurs intermédiaires $0+\frac{1}{2}d$, $d+\frac{1}{2}d$, $2d+\frac{1}{2}d$, etc. indiquent les cas dans lesquels les rayons se neutralisent réciproquement.

3°. La quantité d n'a pas la même valeur pour tous les rayons homogènes : dans l'air, elle est égale à $\frac{67}{100000}$ de millimètre relativement aux rayons rouges extrêmes du

spectre, et seulement $\frac{42}{100000}$ pour les rayons violets. Les valeurs correspondantes aux autres couleurs sont intermédiaires entre celles que nous venons de rapporter.

Les couleurs périodiques des anneaux colorés, des halos, etc. paraissent dépendre de l'influence qu'exercent ainsi l'un sur l'autre des rayons qui, séparés d'abord, viennent ensuite à coïncider de nouveau : toutefois, pour que les lois que nous venons de rapporter satisfassent à ces divers phénomènes, il faut *admettre* que la différence de route ne détermine seule l'action de deux rayons dans le point de leur croisement, que lorsqu'ils se sont constamment mus, l'un et l'autre, dans les mêmes milieux; et que s'il existe quelque diversité entre les réfringences ou les épaisseurs des corps diaphanes traversés par chaque rayon isolément, elle produit un effet équivalent à une différence de chemin. On a rapporté dans ce journal, tome I, page 199, une expérience *directe* de M. Arago, qui donne les mêmes résultats, et d'où découle encore cette conséquence, qu'un corps diaphane *diminue* la vitesse de la lumière qui le traverse, dans le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction ; en sorte que, dans tous les *phénomènes d'interférence* (1), deux milieux différens produiront des effets pareils, lorsque leurs épaisseurs seront en raison inverse des *coefficiens* (2) de la réfraction. Ces considérations conduisent aussi, comme

---

(1) M. Young appelle ainsi tous les phénomènes produits par la rencontre de deux ou de pluieurs rayons lumineux.

(2) Pour abréger, nous désignons par *coefficient* de la réfraction le rapport du sinus d'incidence à celui de réfraction. Les Anglais appellent ce même rapport *index of re-*

on a pu voir, à une méthode nouvelle pour mesurer de légères différences de réfrangibilité.

Pendant les essais que nous faisions, en commun, pour apprécier le degré d'exactitude dont cette méthode est susceptible, l'un de nous (M. Arago) imagina qu'il pourrait être curieux de rechercher si les actions que les rayons ordinaires exercent habituellement l'un sur l'autre, ne seraient pas modifiées quand on ne ferait *interférer* deux faisceaux lumineux qu'après les avoir préalablement polarisés.

On sait que si l'on éclaire un corps étroit par la lumière qui émane d'un point rayonnant, son ombre est bordée *extérieurement* d'une série de franges formées par l'interférence de la lumière directe et des rayons infléchis dans le voisinage du corps opaque; et qu'une partie de la même lumière, en pénétrant *dans* l'ombre géométrique par les deux bords opposés du corps, donne naissance à des franges du même genre: or, nous reconnûmes d'abord facilement que ces deux systèmes de franges sont absolument semblables, soit que la lumière incidente n'ait reçu aucune modification, ou qu'elle n'arrive sur le corps qu'après avoir été préalablement polarisée. Les rayons *polarisés dans un même sens* s'influencent donc, en se mêlant, de la même manière que les rayons naturels.

Il restait encore à essayer si deux rayons *primitivement polarisés en sens contraires* ne produiraient pas des

---

fraction. Ces dénominations ne doivent pas être confondues avec celle de *pouvoir réfringent*, qui n'a un sens précis que dans le système de l'émission.

phénomènes du même genre, en se croisant dans l'intérieur de l'ombre géométrique d'un corps opaque.

Pour cela, nous plaçâmes tantôt un rhomboïde de spath calcaire, et tantôt un prisme de cristal de roche achromatisé, devant le foyer rayonnant (1), et nous obtînmes ainsi deux points lumineux. De chacun d'entre eux émanait un faisceau divergent : ces deux faisceaux étaient polarisés en sens contraires. Un cylindre métallique fut placé ensuite entre les deux points radieux, et correspondait précisément au milieu de l'intervalle qui les séparait. D'après cette disposition, une partie des rayons polarisés du premier faisceau pénétrait par la droite dans l'espace situé derrière le cylindre; et une partie des rayons polarisés en sens contraire du second faisceau y entrait par la gauche. Quelques rayons de ces deux groupes venaient se réunir *près de la ligne* qui joignait le centre du cylindre et le milieu de la droite passant par les deux points radieux. Là, ces rayons avaient parcouru des chemins égaux ou légèrement différens : il semble donc qu'ils auraient dû y former des franges; mais on n'en voyait pas la plus légère trace, même avec une loupe. Les rayons, en un mot, s'étaient croisés sans s'influencer. Les seuls systèmes de franges qu'on aperçût dans cette expérience provenaient de l'interférence des rayons qui, en partant de chaque point radieux considéré isolément, pénétraient dans l'ombre par les deux bords opposés du cylindre. Celles que nous cherchions à produire par le

---

(1) Pour toutes les expériences que nous avons à rapporter dans ce Mémoire, la lumière partait du foyer d'une petite loupe.

croisement des rayons polarisés en sens contraires, seraient évidemment venues se placer entre les premières.

Le cristal dont nous nous étions servis, séparant très-peu les images, les deux rayons ordinaire et extraordinaire avaient dû le traverser dans des épaisseurs presque égales. Toutefois, nous avions déjà trop souvent remarqué, dans des expériences pareilles, combien la plus petite différence dans les vitesses des rayons, dans la longueur ou la force réfringente des milieux qu'ils traversent, modifie sensiblement les phénomènes d'interférence, pour ne pas être convaincus de la nécessité de répéter notre épreuve en évitant toutes les causes d'incertitude que nous venons de signaler. Chacun de nous en chercha les moyens.

M. Fresnel imagina d'abord pour cela deux méthodes distinctes. Le principe des interférences montre que les rayons émanés de deux foyers lumineux provenant d'une même source, forment, dans les points de leur croisement, des bandes obscures et brillantes, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir dans l'expérience aucun corps opaque. (Voyez *Annales de Chimie et de Physique*, tome I, p. 332.)

Pour résoudre la question, il suffisait donc d'essayer si les *deux* images formées en plaçant un rhomboïde de spath calcaire devant un point lumineux, ne donneraient pas un pareil résultat; mais comme, suivant la théorie de la double réfraction, le rayon extraordinaire se meut, dans le carbonate de chaux, plus vite que le rayon ordinaire, il fallait, avant d'effectuer le croisement des rayons, compenser artificiellement cet excès de vitesse. Pour cela, et en se fondant sur une expérience de M. Arago qui a été insérée

dans les *Annales*, tome I, p. 199, M. Fresnel plaça sur le trajet du *seul* faisceau extraordinaire, une plaque de verre dont l'épaisseur avait été déterminée *par le calcul*, de manière qu'en la traversant sous l'incidence perpendiculaire, ce faisceau perdit à-peu-près toute l'avance qu'il avait prise dans le cristal sur le faisceau ordinaire ; dès-lors, en inclinant légèrement la plaque, on pouvait obtenir, à cet égard, une compensation exacte. Malgré cela, le croisement des deux faisceaux polarisés en sens contraires ne donnait point de bandes.

Dans une autre expérience, pour compenser l'effet de la différence de vitesse des deux rayons, M. Fresnel les faisait tomber l'un et l'autre sur une petite glace non étamée, dont l'épaisseur avait été *calculée* de manière que le rayon extraordinaire, en se réfléchissant perpendiculairement sur la seconde face, perdit, par son double trajet dans le verre, plus qu'il n'avait gagné en traversant le cristal ; un changement graduel d'inclinaison devait conduire ensuite à une compensation parfaite : néanmoins, sous aucune incidence, les rayons ordinaires réfléchis à la surface antérieure de la glace ne donnèrent de bandes sensibles en se mêlant aux rayons réfléchis par la seconde surface.

M. Fresnel évitait le défaut qu'a l'expérience précédente de reposer sur une considération théorique, et conservait de plus à la lumière incidente toute son intensité par le procédé suivant. Ayant fait scier par le milieu un rhomboïde de spath calcaire, il plaça les deux fragmens l'un devant l'autre, de manière que les sections principales fussent perpendiculaires : dans cette situation, le faisceau ordinaire du premier cristal éprouvait la

réfraction extraordinaire dans le second; et réciproquement, le faisceau qui d'abord avait suivi la route extraordinaire, se réfractait ensuite ordinairement. En regardant à travers cet appareil, on ne voyait donc qu'une double image du point lumineux; chaque faisceau avait éprouvé successivement les deux espèces de réfractions; les *sommes* de chemins parcourus par chacun d'eux dans les deux cristaux à-la-fois devaient donc être égales, puisque, par hypothèse, ces cristaux avaient l'un et l'autre la même épaisseur : tout se trouvait ainsi compensé sous le rapport des vitesses et des routes parcourues; et néanmoins, les deux systèmes de rayons polarisés en sens contraires ne donnaient naissance, en interférant, à aucune frange perceptible. Ajoutons encore que, dans la crainte que les deux fragmens du rhomboïde n'eussent pas parfaitement la même épaisseur, on avait l'attention, dans chaque épreuve, de faire varier légèrement et avec lenteur l'angle sous lequel les rayons incidens rencontraient le second cristal.

La méthode que M. Arago avait imaginée, de son côté, pour faire la même expérience, était indépendante de la double réfraction. On sait depuis long-temps que si l'on pratique dans une feuille mince deux fentes très-fines et peu distantes l'une de l'autre, et que si on les éclaire par la lumière d'un seul point lumineux, il se forme derrière la feuille des franges fort vives résultant de l'action que les rayons de la fente de droite exercent sur les rayons de la fente opposée, dans les points où ils se mêlent. Pour polariser en sens contraires les rayons provenant de ces deux ouvertures, M. Arago avait d'abord songé à se servir d'une agate mince, à la scier par le

milieu, et à placer chaque moitié devant l'une des fentes, de manière toutefois que les portions d'abord contiguës des agates se trouvassent alors dans des directions rectangulaires. Cette disposition devait évidemment produire l'effet attendu ; mais n'ayant pas eu, dans le moment, sous la main une agate convenable, M. Arago proposa d'y suppléer à l'aide de deux piles de plaques, et de leur donner la minceur nécessaire à la réussite de l'expérience, en les composant de lames de mica.

A cet effet, nous choisîmes quinze de ces lames, les plus pures possibles, et nous les superposâmes. Ensuite, à l'aide d'un instrument tranchant, cette pile unique fut partagée par le milieu. Il est clair, dès-lors, que les deux piles partielles résultantes de cette bissection devaient avoir, *à fort peu près,* la même épaisseur, du moins dans les parties qui d'abord étaient contiguës, quand même les lames composantes auraient été sensiblement prismatiques. Ces piles polarisaient presque complètement la lumière qui les traversait, lorsque l'incidence, comptée à partir de la surface, était de trente degrés. C'est précisément sous cette inclinaison que chacune d'elles fut placée devant l'une des fentes de la feuille de cuivre.

Quand les deux plans d'incidence étaient parallèles ; quand les deux piles étaient inclinées dans le même sens, de haut en bas, par exemple, on voyait nettement les bandes formées par l'interférence des deux faisceaux polarisés, tout comme lorsqu'on fait agir l'un sur l'autre deux rayons de lumière ordinaire ; mais si, en faisant tourner l'une des piles autour du rayon incident, les deux plans d'incidence devenaient rectangulaires ; si la pre-

mière pile restant toujours inclinée de haut en bas, la seconde l'était, par exemple, de gauche à droite, les deux faisceaux émergens, alors polarisés en sens contraires, ne formaient plus en se rencontrant aucune bande perceptible.

Les précautions que nous avions prises pour donner la même épaisseur aux deux piles font assez présumer qu'en les plaçant devant les fentes, nous eûmes l'attention de les faire traverser par la lumière dans les parties qui, avant le partage de la grande pile, étaient contiguës. On a vu d'ailleurs, et cette circonstance tranche toutes les difficultés qu'on pourrait faire à cet égard, que les franges se montraient comme à l'ordinaire quand les rayons étaient polarisés dans le même sens; ajoutons néanmoins qu'un changement lent et graduel dans l'inclinaison d'une des piles ne faisait jamais apparaître des bandes lorsque les plans d'incidence étaient rectangulaires.

Le jour même où nous avions essayé le système des deux piles, nous fîmes, d'après l'idée de M. Fresnel, une expérience, à la vérité, moins directe que la précédente, mais aussi d'une exécution plus facile, et qui démontre également l'impossibilité de produire des franges par le croisement de rayons lumineux polarisés en sens contraires.

On place devant la plaque de cuivre percée de ses deux fentes *une* lame peu épaisse de chaux sulfatée, par exemple : puisque ce cristal a la double réfraction, il sort de chaque fente deux faisceaux polarisés en sens contraires : or, si les rayons d'une espèce pouvaient agir sur les rayons de l'espèce opposée, on devrait voir avec

cet appareil trois systèmes de franges distincts. Les rayons *ordinaires* de droite, combinés avec les rayons *ordinaires* de gauche, donneraient un premier système correspondant tout juste au milieu de l'intervalle compris entre les deux fentes; les bandes formées par l'interférence des deux faisceaux *extraordinaires* occuperaient la même place que les précédentes, augmenteraient leur intensité, mais ne pourraient pas en être distinguées. Quant à celles qui résulteraient de l'action des rayons *ordinaires* de droite sur les rayons *extraordinaires* de gauche et réciproquement, elles se formeraient à droite et à gauche des franges centrales, et d'autant plus loin que la lame employée serait plus épaisse : car nous avons vu qu'une différence de vitesse fait tout aussi bien varier la position des franges qu'une différence de route. Or, puisque les franges du milieu sont seules visibles, alors même que la lame interposée est assez mince pour que les deux autres systèmes en dussent être peu éloignés, il faut en conclure que les rayons de noms différens ou polarisés en sens contraires ne s'influencent pas.

Pour confirmer encore cette conséquence, supposons qu'on découpe en deux notre lame de sulfate de chaux; qu'une des moitiés corresponde à la première fente; que l'autre soit placée devant la fente opposée, et que les axes, au lieu d'être parallèles comme lorsque la lame était unique, soient maintenant rectangulaires. Par cette disposition, le rayon *ordinaire* provenant de la fente de droite, sera polarisé *dans le même sens* que le rayon *extraordinaire* sortant de la fente de gauche, et réciproquement. Ces rayons formeront donc des franges;

mais leurs vitesses dans le cristal n'étant pas égales, elles ne correspondront pas au centre de l'intervalle compris entre les deux ouvertures; les seuls rayons ordinaires ou extraordinaires d'une des fentes, en se mêlant aux rayons de même nom sortis de la fente opposée, pourraient donner des franges centrales; mais comme, d'après la disposition particulière qu'occupent, par hypothèse, les deux fragmens du cristal, ces rayons sont polarisés en sens contraires, ils ne doivent pas s'influencer. Aussi voit-on uniquement les deux premiers systèmes de franges, séparés par un intervalle blanc et d'une nuance uniforme (1).

Si, sans rien changer aux autres dispositions de l'expérience précédente, on place seulement les deux lames interposées de sulfate de chaux de manière que leurs axes, au lieu d'être rectangulaires, fassent entre eux un angle de 45°, on aperçoit tout aussitôt trois systèmes de franges : car chaque faisceau de droite agit dès-lors sur les deux faisceaux de gauche et réciproquement, leurs

---

(1) L'intervalle qui sépare les deux groupes de franges dépend évidemment *de la différence* qu'il y a entre les vitesses des rayons ordinaires et extraordinaires, ou, ce qui revient au même, entre les nombres d'ondulations qu'effectuent les deux rayons pendant leur trajet dans le cristal. Pour obtenir cette différence, il suffira donc de mesurer avec un micromètre la distance comprise entre les franges du premier ordre, dans les deux systèmes, et de la diviser par le double de la largeur d'une des franges. Connaissant de plus l'épaisseur du cristal employé et son pouvoir réfringent, on aura tout ce qu'il faut pour calculer *le rapport* des deux vi-

plans de polarisation n'étant plus maintenant rectangulaires. On doit même remarquer que le système du milieu est le plus intense, et résulte de la superposition parfaite des bandes formées par l'interférence des faisceaux de même nom.

Reprenons maintenant l'appareil des piles, et supposons que les plans d'incidence étant rectangulaires, les faisceaux transmis à travers les deux fentes soient polarisés en sens opposés; plaçons de plus entre la feuille de cuivre et l'œil un cristal doué de la double réfraction, et dont la section principale fasse un angle de 45° avec les plans d'incidence. D'après les lois connues de la double réfraction, les rayons transmis par les piles se partageront l'un et l'autre, dans le cristal, en deux rayons de même intensité et polarisés dans deux directions rectangulaires, dont l'une est précisément celle de la section principale. On pourrait donc s'attendre à observer, dans cette expérience, une série de franges produites par l'action du faisceau ordinaire de droite sur le faisceau ordinaire de gauche, et une se-

---

tesses; ce qui conduit ensuite aux autres élémens de la double réfraction. Si l'on effectue ces mesures sur diverses faces naturelles ou artificielles, on pourra suivre la loi d'Huygens, même dans des cristaux où la double réfraction est à peine sensible. Cette méthode, toute simple qu'elle est, peut encore être modifiée de manière qu'on n'ait plus besoin de partager le cristal en deux parties. Quelques essais que nous en avons faits ont parfaitement réussi. Nous nous proposons de les multiplier et de les faire connaître en détail dans une autre occasion.

conde série toute pareille provenant de l'interférence des deux faisceaux extraordinaires : néanmoins on n'en aperçoit pas la plus légère trace, et les quatre faisceaux, en se croisant, ne donnent qu'une lumière continue (1).

Cette expérience, dont l'idée est due à M. Arago, nous a prouvé que deux rayons qui ont été primitivement polarisés en sens contraires peuvent ensuite être ramenés à un même plan de polarisation, sans réacquérir par là la faculté de s'influencer.

Pour que deux rayons polarisés en sens contraires, et ramenés ensuite à une polarisation analogue, puissent s'influencer mutuellement, il est nécessaire qu'ils soient primitivement partis d'un même plan de polarisation, comme cela résulte de l'expérience imaginée par M. Fresnel, que nous allons rapporter.

On expose, sous l'incidence perpendiculaire, une lame de sulfate de chaux parallèle à l'axe et recouverte d'une

(1) Si la lame interposée entre la plaque de cuivre et l'œil était mince et séparait peu les images, on pourrait expliquer l'absence des bandes en supposant que celles qui résultent de l'interférence des faisceaux ordinaires viennent se placer sur les autres, pourvu qu'on admît encore que les bandes brillantes du premier système correspondent aux bandes obscures du second et réciproquement. Mais on prouve que cette hypothèse ne suffit pas à l'explication du phénomène, en plaçant un rhomboïde de spath calcaire entre l'œil et le précédent cristal. Le rhomboïde, dans certaines positions, devrait séparer les deux systèmes de bandes, puisqu'ils sont polarisés en sens contraires, et cependant, alors même, on n'en voit pas de traces.

mince feuille de cuivre percée de deux ouvertures, à un faisceau de lumière polarisé partant d'un point radieux : l'axe de la lame fait un angle de 45° avec le plan primitif de polarisation. Comme dans toutes les expériences analogues, on observe l'ombre de la feuille avec une loupe; mais cette fois-ci on place de plus en avant de son foyer un rhomboïde de spath calcaire, doué d'une double réfraction *sensible*, et dont la section principale fasse, à son tour, avec celle de la lame un angle de 45°. Dès-lors on découvre, dans chaque image, trois systèmes de franges : l'un d'entre eux correspond exactement au milieu de l'ombre; les autres systèmes sont à gauche et à droite du premier.

Examinons maintenant comment naissent ces trois systèmes de franges dans une des deux images, dans l'image ordinaire, par exemple.

Les faisceaux polarisés dans le même sens qui passent par les deux fentes se partagent chacun, en traversant la lame de chaux sulfatée, en deux faisceaux polarisés en sens contraires. La double réfraction de la lame étant insensible, les parties ordinaire et extraordinaire de chaque faisceau suivent la même route, mais avec des vitesses différentes.

L'un de ces doubles faisceaux, celui de la fente de droite, par exemple, se partage, en traversant le rhomboïde, en quatre faisceaux, deux ordinaires et deux extraordinaires; mais en définitive, on n'en voit que deux, puisque les parties composantes des faisceaux de même nom coïncident. Il est d'ailleurs évident, d'après les lois connues de la double réfraction et les positions que nous avons assignées à la lame de

chaux et au rhomboïde, qu'à sa sortie de ce dernier cristal, le faisceau ordinaire se compose de la moitié du rayon qui était ordinaire dans la lame, et de la moitié du rayon extraordinaire; et que les deux autres moitiés de ces mêmes rayons passent à l'image extraordinaire dont nous sommes convenus de faire abstraction. Le faisceau sorti de la fente de gauche se comporte de la même manière. On voit, en un mot, qu'après avoir traversé les deux cristaux dans ce nouvel appareil, les faisceaux ordinaires provenant de la fente de droite ou de celle de gauche, se composent, l'un et l'autre, d'une portion de lumière qui a toujours suivi la route ordinaire dans les deux cristaux, et d'une seconde portion qui d'abord était extraordinaire.

Ceux des rayons venant des deux fentes qui, en traversant la lame de sulfate de chaux et le rhomboïde, suivent constamment la route ordinaire, parcourent des chemins égaux avec les mêmes vitesses, et doivent conséquemment, après leur réunion, donner naissance à des franges centrales. Il en est de même des rayons qui, extraordinaires dans la lame de chaux sulfatée, sont devenus simultanément ordinaires par l'action du rhomboïde: les franges du milieu de l'ombre résultent donc de la superposition de deux systèmes différens.

Quant à la portion de lumière de droite qui, extraordinaire, par exemple, dans la lame de chaux, est devenue ordinaire en traversant le rhomboïde, elle aura parcouru un chemin égal à la portion du faisceau de gauche qui s'est toujours réfracté ordinairement; mais comme ces rayons étaient doués, *dans la lame*, de vitesses un peu inégales, les points où ils forment des

franges sensibles en se croisant, au lieu de correspondre au milieu de l'intervalle compris entre les deux fentes, seront à droite, c'est-à-dire, du côté opposé au rayon qui, ayant été un moment extraordinaire, se mouvait alors le plus lentement. Vient ensuite, pour dernière combinaison, l'interférence de la partie du faisceau de droite, ordinaire dans les deux cristaux, avec la portion du faisceau de gauche extraordinaire dans la lame et ordinaire dans le rhomboïde, et qui donne, par là, naissance à des bandes situées à gauche du centre.

Nous venons d'expliquer la marche des rayons qui concourent à la formation des trois systèmes de franges dans l'appareil en question; et l'on a pu remarquer que les systèmes de droite et de gauche résultent de l'interférence de rayons d'abord polarisés en sens contraires dans la lame de chaux sulfatée, et ramenés ensuite à une polarisation analogue par l'action du rhomboïde. Deux rayons polarisés en sens contraires, et ramenés ensuite à un plan unique de polarisation, peuvent donc donner des franges en se croisant; mais pour cela, il est indispensable qu'*ils aient été* PRIMITIVEMENT *polarisés dans le même sens.*

Nous avons fait abstraction jusqu'ici de l'action mutuelle des deux faisceaux qui éprouvent, dans le rhomboïde, la réfraction extraordinaire. Ces faisceaux fournissent aussi trois systèmes de franges; mais ils sont séparés des premiers. Si, tout restant dans le même état, on substitue maintenant au rhomboïde une lame de sulfate de chaux ou de cristal de roche qui ne donne pas deux images distinctes, les six systèmes, au lieu d'en produire trois par leur superposition, se réduisent à celui

du milieu. Ce résultat remarquable démontre, 1° que les franges résultantes de l'interférence des rayons ordinaires sont complémentaires des franges produites par les rayons extraordinaires; et 2° que ces deux systèmes sont mutuellement disposés de manière qu'une frange brillante du premier système correspond à une frange obscure du second, et réciproquement : sans ces deux conditions, on apercevrait autre chose qu'une lumière uniforme et continue sur les deux côtés des franges centrales. On retrouve donc ici la différence d'une demi-ondulation, comme dans le phénomène des anneaux colorés.

Les expériences que nous venons de rapporter conduisent donc en définitive aux conséquences suivantes :

1°. Dans les mêmes circonstances où deux rayons de lumière ordinaire paraissent mutuellement se détruire, deux rayons *polarisés en sens contraires* n'exercent l'un sur l'autre aucune action appréciable.

2°. Les rayons de lumière polarisés dans un seul sens agissent l'un sur l'autre comme les rayons naturels : en sorte que, dans ces deux espèces de lumières, les phénomènes d'interférence sont absolument les mêmes.

3°. Deux rayons *primitivement polarisés en sens contraires* peuvent ensuite être ramenés à un même plan de polarisation, *sans néanmoins acquérir par là la faculté de s'influencer.*

4°. *Deux rayons polarisés en sens contraires, et ramenés ensuite à des polarisations analogues*, s'influencent comme les rayons naturels, *s'ils proviennent d'un faisceau primitivement polarisé dans un seul sens.*

5°. Dans les phénomènes d'interférence produits par des rayons qui ont éprouvé la double réfraction, la place des franges n'est pas déterminée uniquement par la différence des chemins et par celles des vitesses ; et dans quelques circonstances que nous avons indiquées, il faut tenir compte, de plus, d'une différence égale à une demi-ondulation.

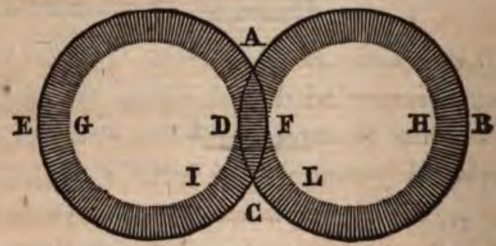
Toutes ces lois se déduisent, comme on a vu, d'expériences directes. On pourrait y arriver plus simplement encore en partant des phénomènes que présentent les lames cristallisées ; mais il faudrait déjà admettre que les teintes dont ces lames se colorent quand on les éclaire par un faisceau de lumière polarisée, résultent de l'interférence de plusieurs systèmes d'ondes. Les démonstrations que nous avons rapportées ont l'avantage d'établir les mêmes lois, indépendamment de toute hypothèse.

EXTRAIT *d'un ouvrage du* P. Grimaldi *intitulé :* Traité physico-mathématique de la lumière, des couleurs et de l'iris (1).

22me PROPOSITION.

Un corps actuellement éclairé peut devenir plus obscur lorsqu'on ajoute une nouvelle lumière à celle qu'il reçoit déjà.

1. LE seul énoncé de cette proposition paraît devoir ôter toute croyance à un paradoxe aussi étrange ; car la propriété caractéristique de la lumière est sans contredit d'éclairer les corps opaques sur lesquels elle tombe et qu'elle rend en quelque sorte lumineux. Il est cependant aisé de prouver ce paradoxe par un fait très-commun, qu'on a souvent sous les yeux, mais que personne, que je sache, n'a remarqué jusqu'ici. Je vais l'exposer en peu de mots :



Qu'on fasse, dans le volet d'une chambre obscure, deux petits trous assez éloignés l'un de l'autre pour que les

---

(1) Le rôle que le principe des interférences nous paraît devoir jouer par la suite dans les théories de l'optique, nous engage à consigner ici la traduction d'un paragraphe de Grimaldi, par lequel on verra que ce physicien, dès 1665, avait entrevu que deux rayons lumineux qui se croisent peuvent mutuellement s'influencer.

cônes lumineux qu'ils laisseront passer ne commencent à se pénétrer qu'à une certaine distance : en recevant la lumière sur un carton blanc placé perpendiculairement à l'axe de ces deux cônes, un peu au-delà du lieu où les deux surfaces se rencontrent, on aura deux images circulaires qui se confondront en partie. Ces images sont représentées par les cercles *ABCD* et *AFCE*, qui ont un segment commun *ADCF*. Si on ferme un des trous du volet, afin qu'il ne reste qu'un seul cône, celui, par exemple, qui donne le cercle *ABCD*, on remarquera que le milieu de ce cercle est plus éclairé que la circonférence, que la lumière y décroît à mesure que la distance au centre augmente. Cependant la circonférence même n'est pas privée de lumière, ce dont on sera convaincu en la comparant au reste du carton qui n'est point éclairé. Il est inutile d'ajouter que le second cône donnera lieu aux mêmes remarques, en supprimant le premier.

2. Lorsque les deux trous sont ouverts en même temps, le segment *ADCF*, commun aux deux cônes, est plus éclairé que le contour des deux bases qui conserve, dans les parties *ABC* et *AEC*, l'apparence qu'on lui a vue, en observant chaque cône isolé; mais ce qui mérite la plus grande attention, c'est que les deux arcs *ADC* et *AFC* sont d'une obscurité remarquable, quoiqu'ils reçoivent plus de lumière que le reste de la circonférence dont ils font partie. Pour bien reconnaître et pour évaluer le défaut de clarté de ces deux arcs, on peut comparer chacun de leurs points visibles à d'autres points également éloignés du centre, comme, par exemple, *F* à *H* ou *L*, *D* à *G* ou *I*. On verra que ces points,

pris hors du segment *ADCF*, sont plus brillans que ceux qui leur correspondent sur les arcs *ADC* et *AFC*.

Si on rapproche peu à peu le carton des deux trous, afin de diminuer le segment *ADCF*, on rencontrera une position dans laquelle les arcs *ADC* et *AFC* passeront au rouge. Si, au contraire, on recule le carton pour que les deux bases se confondent sur une plus grande partie de leur étendue, les arcs *ADC* et *AFC* deviendront de plus en plus obscurs.

3. Voilà un fait incontestable, et dont chacun peut s'assurer par ses propres observations. Il suffit pour établir notre proposition, puisque la portion de lumière que le cône *ABCD* répand sur l'arc *AFC* de la circonférence *AFCE*, loin de rendre cet arc plus brillant, éteint, au contraire, une partie de la clarté qu'il tenait du cône *AFCE*. On ne peut nier le fait, ni douter qu'il ne dépende de la communication de la lumière, en prenant ce mot dans le sens le plus général.

4. On ne peut échapper aux conclusions que nous avons déduites de l'expérience. Le résultat que l'on obtient ne dépend en aucune manière de petites circonstances, telles que la position des trous dans le volet sur une ligne horizontale, comme je l'ai fait, ou sur une ligne verticale, etc. Dira-t-on que le soleil n'est pas également lumineux sur toute sa surface? Mais peu importe, puisque cette surface toute entière contribue également à former l'un et l'autre cône lumineux, et toute l'étendue de chacun. Enfin, quelle que soit la source d'où la lumière émane, qu'elle se distribue comme on le voudra sur les bases des deux cônes, c'est toujours de la lumière. Rien autre chose que la lumière n'entre

dans l'expérience, et par conséquent le résultat doit être attribué tout entier à cette cause unique.

5. On objectera peut-être que l'affaiblissement de la lumière sur l'arc *AFC* peut être réel, et non pas apparent; que les bords du trou par lequel les rayons sont introduits en absorbent, dispersent, éteignent une partie, au préjudice de la surface du cône qui se trouve ainsi moins lumineuse qu'elle n'aurait dû être, et qui éclaire moins la circonférence *AFCE* de la base : ainsi, ce serait par défaut de lumière que l'arc *AFC* paraîtrait plus obscur.

Cette objection est réfutée d'avance. On a dit et répété que lorsqu'on supprime le cône *ABCD*, l'arc *AFC* paraît aussi éclairé que le reste de la circonférence dont il fait partie; mais que celle-ci est moins brillante qu'aucune partie de l'aire qu'elle renferme. Cet arc reçoit donc déjà une certaine quantité de lumière, et après qu'on a ouvert le second trou, l'affluence d'une lumière nouvelle n'empêche pas celle de la première; car toutes les causes qui pouvaient agir sur cette lumière du cône *AFCE*, le décroissement de clarté du centre à la circonférence, ont produit leur effet; et quand même on attribuerait à l'un des cônes la propriété de rompre et d'anéantir en quelque sorte les rayons les plus faibles de l'autre, il resterait encore à expliquer pourquoi, dans le même cône *ABCD*, les points *F* et *H*, également éloignés du centre, ne sont pas d'égale clarté. On ne peut attribuer cette apparence au défaut d'une lumière nouvelle, puisque celle du cône *ABCD*, lorsqu'elle est seule, donne le même éclat à ces deux points *F* et *H*. Ainsi, quand même la circonférence *AFCE* serait tout-

à-fait obscure, il resterait encore au point *F* toute la lumière que lui apporte le cône *ABCD*.

On fera la même réponse à ceux qui auraient recours à une pénombre qui environnerait la base lumineuse de chaque cône. Cette pénombre, quelle que soit son origine, annonce la présence d'une lumière faible, il est vrai, mais qui est pourtant de la lumière. La difficulté n'est donc pas diminuée, et on ne comprend pas mieux qu'auparavant comment d'une addition de lumière il peut résulter, dans certains cas, une plus grande obscurité.

6. *Seconde objection.* Lorsqu'une surface est éclairée inégalement, sa partie moins brillante paraît plus obscure qu'elle n'est réellement, parce qu'on la compare à celle qui a plus d'éclat. Ainsi, puisque le segment *AFCD* reçoit une lumière double, les parties des deux bases qui lui sont contiguës et qui ne sont éclairées que par une lumière simple paraissent obscures, à cause de ce contraste avec une surface plus brillante. C'est ainsi que les arcs *AFC* et *ADC* perdent en apparence une partie de leur clarté réelle.

On répondra que lorsque l'œil se trompe sur le degré de clarté des objets qu'il aperçoit en même temps, il porte aussi un faux jugement sur leur grandeur et sur la position de leurs limites communes; que, dans ce cas-ci, les arcs *AFC* et *ADC* conservent bien l'étendue et la courbure que leur assigne la circonférence de chaque base; que par conséquent la grandeur apparente du segment *AFCD* n'est pas augmentée. Enfin, on peut supprimer tout ce que pourrait produire l'opposition

entre deux surfaces de clarté différente. Qu'on place un corps opaque qui intercepte la lumière, soit au segment *AFCD*, soit au reste des deux bases, il n'en résultera aucun changement à l'apparence des deux arcs *AFC* et *ADC*. Il est donc faux que cette apparence dépende du contraste aperçu par l'œil entre deux objets qui ont une limite commune, et dont l'un est plus brillant que l'autre. On ne peut donc plus se dispenser d'admettre qu'une partie de la surface du carton devient plus obscure lorsqu'on y fait tomber de nouveaux rayons lumineux.

7. Nous viendrons à l'explication de ce paradoxe après que nous aurons fait voir que la lumière se colore par l'action de quelques causes qui lui impriment une ondulation ou *fluctuation* particulière. La dégradation de lumière qu'on remarque dans notre expérience, du centre à la circonférence des bases lumineuses, n'est autre chose qu'une coloration ; et si on observe attentivement les deux circonférences, on y apercevra une petite zone rougeâtre qui paraît obscure lorsqu'on la compare à la lumière pure du milieu de la base. Ainsi, les bords du trou par lequel le cône lumineux est introduit ont le pouvoir de faire prendre à quelques rayons une ondulation qu'ils retiennent après avoir été réfléchis par le carton blanc, et avec laquelle ils arrivent à l'œil du spectateur, apportant une image plus obscure que celle qui est produite par d'autres rayons qui n'ont pas éprouvé cette sorte d'*ébranlement*; mais il suffit, quant à présent, d'avoir indiqué cette explication pour faire mieux comprendre comment, dans certains cas, un corps devient plus obscur lorsqu'il reçoit une lumière plus forte,

parce que cette lumière est formée de rayons imparfaitement mêlés, et moins propres à transmettre l'image des objets, à cause de leur agitation, de leur diffraction; car cet état de la lumière ne peut que diminuer la clarté des images.

Sur *un Acide nouveau formé par le soufre et l'oxigène* (1).

Par MM. Welter et Gay-Lussac.

L'Acide qui sera l'objet de ce Mémoire se place, par la proportion de ses élémens, entre l'acide sulfureux et l'acide sulfurique; mais il s'en éloigne beaucoup par ses propriétés et par le mode de sa composition, qui ne ressemble à celui d'aucun autre acide. Nous le désignerons provisoirement par le nom d'*acide hyposulfurique*, par analogie avec l'acide hyposulfureux, pour rappeler qu'il contient moins d'oxigène que l'acide sul-

---

(1) Voici l'origine de la découverte de cet acide : dans le temps que M. Welter dirigeait une manufacture de blanchiment, il essayait avec l'acide sulfureux l'oxide de manganèse dont il se servait pour préparer le chlore, et il avait remarqué, contre l'opinion reçue, qu'il se formait un bisulfite neutre qu'il croyait être à base de peroxide. En me communiquant ce fait, il m'a invité à l'examiner, et nous nous sommes réunis dans mon laboratoire, à la Direction des poudres, pour faire ensemble cet examen. G.-L.

furique et plus que l'acide sulfureux. Ses combinaisons salines porteront le nom d'*hyposulfates*.

L'acide hyposulfurique se forme lorsqu'on fait passer du gaz acide sulfureux dans de l'eau tenant en suspension du peroxide de manganèse : la combinaison s'opère sur-le-champ, et on obtient une dissolution parfaitement neutre, composée de sulfate et d'hyposulfate de manganèse. L'hyposulfate de baryte étant soluble, on décompose ces sels par la baryte, que l'on ajoute en excès : on fait ensuite passer un courant d'acide carbonique dans la dissolution pour saturer l'excès de baryte, et en chauffant pour dégager l'acide carbonique, qui rend soluble une petite quantité de carbonate, on obtient l'hyposulfate de baryte. Pour avoir ce sel parfaitement pur, il convient de le faire cristalliser, parce qu'il pourrait retenir un peu de chaux, dont l'oxide de manganèse n'est point ordinairement exempt. En le décomposant par l'acide sulfurique jusqu'à parfaite saturation, on a l'acide hyposulfurique libre.

Cet acide est inodore, même dans son plus grand état de concentration ; sa saveur est franchement acide ; il ne paraît point exister à l'état de fluide élastique permanent ; exposé dans le vide de la machine pneumatique avec de l'acide sulfurique, à la température de 10 degr., il se concentre sans se volatiliser sensiblement : parvenu à la densité de 1,347, il commence à se décomposer ; il s'en exhale de l'acide sulfureux, et il contient alors de l'acide sulfurique.

Soumis à l'action de la chaleur quand il est très-délayé, il abandonne de l'eau pure ; mais bientôt il s'en dégage de l'acide sulfureux, et il se produit de l'acide

sulfurique : la chaleur du bain-marie suffit pour opérer cette décomposition. Il n'est point altéré à froid par le chlore, l'acide nitrique concentré et le sulfate rouge de manganèse. Il sature très-bien les bases et forme des sels solubles avec la baryte, la strontiane, la chaux, l'oxide de plomb, et probablement avec toutes les bases. Il dissout le zinc avec dégagement d'hydrogène, sans se décomposer. Il contient 2 proportions de soufre, 5 proportions d'oxigène, et une certaine quantité d'eau qui paraît essentielle à son existence quand il est isolé des bases. C'est par l'analyse de l'hyposulfate de baryte qu'on est conduit à celle de l'acide hyposulfurique.

Ce sel se présente en cristaux éclatans, dont la forme est un prisme quadrangulaire qui nous a paru terminé par un grand nombre de facettes. Il ne s'altère point à l'air, ni même dans le vide desséché par l'acide sulfurique ; 100 p. d'eau à la température de 8°,14 en dissolvent 13,94. Cette dissolution n'est point altérée par le chlore. Il décrépite très-fortement : une chaleur peu élevée suffit pour le décomposer ; il se dégage de l'eau et de l'acide sulfureux, et il reste du sulfate neutre de baryte. 100 p. d'hyposulfate bien desséché à l'air ont perdu 29,903 par la calcination, et ont laissé par conséquent 70,097 de sulfate de baryte. 100 autres parties du même sel, mêlées avec du chlorate et du carbonate de potasse, et chauffées jusqu'au rouge dans un creuset de platine, ont donné, après avoir été précipitées par le chlorure de barium, et après un lavage convenable, 138,300 de sulfate de baryte. Ce nombre n'est pas tout-à-fait le double de 70,097 ; mais comme il est bien difficile de ne pas perdre un peu de sulfate de baryte

par les lavages, nous admettrons que le premier nombre doit contenir exactement deux fois le premier. D'après cette supposition, l'hyposulfate de baryte peut être considéré comme formé d'une proportion de baryte, d'une proportion d'acide sulfurique et d'une proportion d'acide sulfureux; et si l'on calcule le rapport de ses élémens en prenant 50 pour le nombre proportionnel de l'acide sulfurique, 40 pour l'acide sulfureux et 97 pour la baryte, on trouve, pour 100 d'hyposulfate, 70,12 de sulfate de baryte, au lieu de 70,097. La quantité d'eau se conclut de la différence entre le poids du sel et celui du sulfate de baryte et de l'acide sulfureux qu'on en retire. L'on trouve, d'après cette analyse, que l'hyposulfate de baryte est composé de :

Une proportion de baryte,	97,00;
Une proportion d'acide sulfurique,	50,00;
Une proportion d'acide sulfureux,	40,00;
Deux proportions d'eau,	22,64.

Ou enfin, d'une proportion de baryte,	97,00;
d'une proportion d'acide hyposulfur.	90,00;
deux proportions d'eau,	22,64.

Par conséquent, l'acide hyposulfurique qui neutralise une proportion de base est formé de :

Deux proportions de soufre,	40;
Cinq proportions d'oxigène,	50;

Et son nombre proportionnel doit être 90.

Ainsi, voilà un acide qui neutralise très-bien les bases, et dont les sels restent à l'état de sulfates neutres, en perdant une proportion d'acide sulfureux. Il contient

la même proportion de soufre que l'acide hyposulfureux, et deux fois et demie plus d'oxigène. Ces deux acides doivent former un groupe particulier parmi les acides du soufre : l'acide sulfureux et l'acide sulfurique en formeront un autre. Cette distinction est nécessaire, puisque la quantité du soufre dans chacun de ces groupes est différente, et qu'on ne peut pas exprimer leur composition par les termes d'une même série : les sels de chaque groupe ont aussi de beaucoup plus grands rapports entre eux qu'ils n'en ont avec ceux de l'autre groupe.

En réunissant les divers acides formés par le soufre et l'oxigène, on a, pour la composition de :

L'acide hyposulfureux,	2 prop. de soufre	et	2 prop. d'oxig.
hyposulfurique,	2	. . . .	5;
sulfureux . . .	1	. . . .	2;
sulfurique . . .	1	. . . .	3.

Ou bien, si on aime mieux prendre le soufre constant dans chaque acide, l'oxigène se combine avec lui dans les rapports suivans :

1; 2; 2,5; 3.

Revenons maintenant aux propriétés des hyposulfates. Si l'on verse sur un de ces sels de l'acide sulfurique assez délayé pour qu'il ne se produise que peu de chaleur, on n'aperçoit aucun phénomène particulier; mais si l'on chauffe le mélange, ou si l'acide sulfurique est concentré, il se dégage aussitôt de l'acide sulfureux. Ce résultat est facile à concevoir. A une basse température, l'acide hyposulfurique conserve sa permanence;

mais, comme nous l'avons dit plus haut, il se décompose en acide sulfureux et en acide sulfurique, à une température un peu élevée. La dissolution des hyposulfates est inaltérable, ou au moins ne s'altère que très-lentement à l'air : en général, tous ces sels sont très-stables à une basse température; mais ils se décomposent très-facilement quand on les expose à l'action de la chaleur.

L'hyposulfate de potasse cristallise en prismes cylindroïdes, terminés par un plan perpendiculaire à leur longueur.

L'hyposulfate de chaux se présente en lames hexagonales régulières, groupées ordinairement de manière à former des rosaces.

Les cristaux de l'hyposulfate de strontiane sont très-petits : ils nous ont paru des lames hexaèdres, à bords alternativement inclinés en sens contraire, semblables à celles qu'on formerait dans un octaèdre par des sections parallèles à deux de ses faces opposées.

L'hyposulfate de manganèse est très-soluble et même déliquescent. On peut profiter de cette propriété pour le séparer du sulfate qui se forme en même temps que lui, lorsqu'on dissout le peroxide de manganèse par l'acide sulfureux : on perd ainsi beaucoup moins de baryte pour la saturation de la dissolution. A la vérité, on peut employer pour cet objet plusieurs autres bases.

La formation du sulfate de manganèse, dans la circonstance dont on vient de parler, nous a paru mériter des recherches particulières; mais nous n'avons encore pu nous en occuper qu'imparfaitement. D'après la composition de l'acide hyposulfurique et du peroxide de manganèse, il semble que l'on ne devrait obtenir ou

que de l'hyposulfate neutre de manganèse ou du sulfate. L'oxide de manganèse fait par le chlore ne donne presque point d'hyposulfate. Peut-être que l'oxide que nous avons employé n'était point au *maximum* d'oxidation, et qu'il y a, à cet égard, une grande différence entre les divers oxides de manganèse. Nous n'avons pu réussir à produire de l'acide hyposulfurique en traitant le peroxide de barium hydraté et l'oxide puce de plomb par l'acide sulfureux, quoique ces deux oxides présentent une composition analogue à celle du peroxide de manganèse.

En terminant, nous rappellerons les caractères essentiels de l'acide hyposulfurique et de ses sels.

L'acide hyposulfurique se distingue des autres acides du soufre :

1°. Par la propriété de se changer en acide sulfureux et en acide sulfurique lorsqu'on l'expose à l'action de la chaleur ;

2°. Par celle de former des sels solubles avec la baryte, la strontiane, la chaux, le plomb et l'argent.

Les hyposulfates ont pour caractères,

1°. D'être tous solubles ;

2°. De ne donner de l'acide sulfureux, quand on mêle leurs dissolutions avec les acides, que lorsque le mélange s'échauffe de lui-même, ou lorsqu'on l'expose à l'action de la chaleur ;

3°. De laisser dégager beaucoup d'acide sulfureux à une température élevée, et d'être convertis en sulfates neutres.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 22 *février* 1819.

M. NAVIER demande des commissaires pour examiner la première partie d'une nouvelle édition de l'*Architecture hydraulique* de Béliodor, enrichie de notes, qu'il se propose de publier.

Deux Mémoires de M. Coste, l'un *sur la Géométrie de situation*, l'autre *sur une Généralisation du théorème que Fermat avait donné sur les doubles égalités*, sont renvoyés à l'examen d'une commission.

M. Percy lit un rapport *sur l'extirpation d'une tumeur que portait à la mâchoire inférieure et au cou un particulier des environs de Louviers, nommé* Moret.

Cette opération difficile, exécutée par M. Larrey, a parfaitement réussi. La tumeur était grosse comme les deux poings; les vaisseaux qu'il fallait couper à chaque instant, pendant sa dissection, exigèrent *seize* ligatures; les nombreux lambeaux d'une aussi énorme plaie furent réunis par *dix-huit* points de suture; l'opération dura cinquante minutes, et la cicatrisation fut parfaite après trente-quatre jours.

M. Delambre lit un rapport *sur des Recherches trigonométriques* de M. Sorlin, qui paraissent rédigées avec beaucoup d'ordre, de clarté et d'élégance. L'auteur promet une suite à ces premières recherches.

Au nom d'une commission, M. Berthollet lit le *Programme du prix sur la maturation des fruits.* Ce programme est adopté. (*Voyez* plus bas.)

M. Gay-Lussac fait un rapport *sur le nouveau papier* de M. Dorsay.

La substance que M. Dorsay introduit dans le papier (l'auteur a desiré qu'on ne la désignât pas) a réellement la propriété de rendre l'encre ordinaire indélébile par le chlore et les acides; mais elle n'a point celle de la faire résister aux dissolutions alcalines; néanmoins, comme elle est d'un prix peu élevé, il y aurait de l'avantage à l'introduire dans le papier au moment de son encollage: elle pourrait ainsi prévenir quelques abus, et obvier à l'altération de couleur que l'encre mal préparée éprouve par le temps.

M. Dorsay a composé aussi une encre qui, suivant lui, résiste à toute espèce de réactifs; mais les commissaires n'ayant pas eu à leur disposition d'échantillon de ce liquide, n'ont pas cru devoir se prononcer positivement à cet égard; ils font remarquer que la plupart des encres dites *indélébiles* qu'on a faites jusqu'à présent ne sont que de l'encre de Chine plus ou moins déguisée, ayant l'inconvénient de faire dépôt et de pouvoir être enlevées par de simples lavages. La meilleure manière d'employer l'encre de la Chine, dit M. le Rapporteur, est de la délayer dans de l'eau gommée, acidulée avec de l'acide muriatique. M. Berzelius lui a appris que les négocians emploient ce procédé en Suède. Quelques personnes ont aussi proposé de se servir d'un mélange d'encre ordinaire et d'encre de la Chine.

On lit, pour M. Dutrochet, un *Mémoire sur la Formation des corps organisés.*

La Section de Zoologie présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place de correspon-

dant vacante dans son sein, MM. Dutrochet, Rudolphi, Poli, Kirby et Schweigger.

Séance du lundi 1er mars.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire sur cette question : *Les petits des didelphes naissent-ils sur les mamelles de leur mère?*

M. Coquebert de Montbret, au nom d'une commission, présente une analyse détaillée des ouvrages qui ont été envoyés au concours pour le prix de statistique fondé par un anonyme.

Un premier prix a été décerné à un ouvrage manuscrit de M. Moreau de Jonnès, intitulé : *Statistique des colonies françaises occidentales.*

Un second prix, dont le Ministre de l'Intérieur a fait les fonds, a été accordé à M. le Baron Trouvé, auteur de la *Description générale et statistique du département de l'Aude*, un vol. in-4° de 680 pages, avec cartes et gravures.

L'Académie va au scrutin pour la nomination d'un correspondant dans la section de Zoologie. M. Dutrochet réunit la majorité des suffrages.

On présente le résumé des observations météorologiques faites à Alais, en 1818, par M. Dhombres Firmas. Il est renvoyé à l'examen d'une commission.

Des commissaires sont nommés, sur la demande du Ministre de la Marine, pour examiner diverses machines de M. Brizé-Fradin.

Séance du lundi 8 mars.

M. Geoffroy lit une note relative au Mémoire qu'il avait présenté à l'Académie dans la séance du 1er mars. L'objet de cette note est d'annoncer comme certaines des conjectures qu'il avait seulement données comme infiniment probables.

M. Fournier commence la lecture d'un Mémoire *sur la Musique et ses propriétés médicales.*

M. Dupetit-Thouars lit un Mémoire *sur la Moelle des arbres.* (Une commission en rendra compte.)

Au nom d'une commission, M. Cuvier annonce que le prix de l'anatomie du *Lascaris* a été adjugé à M. Jules Cloquet, auteur d'un Mémoire portant pour épigraphe: *Trado quod potui.*

M. Cuvier lit le programme du prix qui doit être proposé dans la prochaine séance publique, *sur la description du cerveau.* (*Voyez* plus bas.)

On lit aussi le programme du prix *sur la maturation des fruits.* (On trouvera plus bas le texte de ce programme.)

Séance du lundi 15 mars.

M. Arago, au nom d'une commission, fait un rapport sur les pièces envoyées au concours pour le prix de physique, et annonce que le prix a été décerné au Mémoire inscrit sous le n° 2, et ayant pour épigraphe: *Natura simplex et fecunda.*

Le billet cacheté ayant été ouvert, on trouve que l'auteur du Mémoire est M. Fresnel, ingénieur des ponts et chaussées.

On lit une Note de M. Nicollet *sur les trois Comètes observées l'an dernier.* (*Voyez* le Cahier précédent.)

M. Molard, au nom d'une commission, fait un rapport sur l'ouvrage manuscrit *relatif à l'art de la corderie* que M. Bernard Duboul a présenté à l'Académie, et qu'il se propose d'imprimer. Les commissaires estiment que l'ouvrage de M. Duboul sera très-utile.

On termine la lecture du Mémoire de M. Fournier *sur l'Action de la musique.* Des commissaires sont chargés de l'examiner.

La commission chargée d'examiner les observations et les ouvrages qui peuvent concourir pour la médaille fondée par Lalande, annonce qu'elle l'a décernée, cette année, à M. Pons, qui a découvert trois nouvelles comètes.

Séance publique du lundi 22 mars.

Dans cette séance, on a distribué les prix et lu les programmes de ceux que l'Académie propose.

On a ensuite entendu la lecture d'un Mémoire *sur les Théories physiques et mathématiques de la chaleur,* par M. Fourier.

Une *Notice historique sur la vie et les ouvrages de M. Périer,* par M. Delambre.

Continuation des travaux relatifs à la détermination de la figure de la terre, et résultat des observations du pendule faites, l'année dernière, aux îles Shetland, par M. Biot.

Mémoire sur les insectes peints ou sculptés sur les monumens antiques de l'Egypte, par M. Latreille.

Séance du lundi 29 mars.

M. Thenard communique, de vive voix, les résultats de ses dernières recherches sur l'eau oxigénée. (L'auteur nous a promis une note écrite dont nous espérons bientôt enrichir les *Annales.*)

M. Magendie lit un Mémoire *sur les Vaisseaux lymphatiques des oiseaux.* Nous ferons connaître cet intéressant travail lorsque les commissaires auront fait leur rapport.

M. Biot lit la suite de son Mémoire *sur les Lois générales de la double réfraction et de la polarisation dans les corps cristallisés.*

M. Arago lit une lettre de M. Dhombres-Firmas relative aux expériences de M. Morichini. (*Voy.* plus haut.)

La Section de Botanique présente, pour la place de correspondant vacante dans son sein par la mort de M. Ortega, la liste suivante de candidats : MM. Bridel, à Gotha ; Auguste Saint-Hilaire, à Orléans ; Sprengel, à Halle ; Linck, à Berlin ; Persoon, au cap de Bonne-Espérance ; Dunal, à Montpellier ; Desvaux, à Poitiers ; Schweigrichen, à Leipsick ; Pavon, à Madrid.

PROGRAMMES *des Prix proposés par l'Académie des Sciences.*

Prix de Chimie.

L'ACADÉMIE avait, pour la seconde fois, proposé la *maturation des fruits* pour sujet du prix qu'elle devait

adjuger dans sa séance publique de cette année. Les Mémoires envoyés au concours n'ayant pas rempli les conditions du programme, et l'Académie jugeant ce sujet assez intéressant pour appeler l'attention des physiciens sur un phénomène qui peut jeter un grand jour sur la théorie des combinaisons végétales, et dont le développement promet des résultats utiles à la société, a pensé qu'en publiant un programme plus détaillé, il fixerait mieux l'attention des concurrens, en les guidant dans une route plus sûre que celle qu'ils ont suivie jusqu'ici. En conséquence elle remet au concours la question suivante :

Déterminer les changemens chimiques qui s'opèrent dans les fruits pendant leur maturation et au-delà de ce terme.

On devra, pour la solution de cette question,

1°. *Faire l'analyse des fruits aux principales époques de leur accroissement et de leur maturation, et même à l'époque de leur blessissement et de leur pourriture.*

2°. *Comparer entre elles la nature et la quantité des substances que les fruits contiendront à ces diverses époques.*

3°. *Examiner avec soin l'influence des agens extérieurs, surtout celle de l'air qui environne les fruits, et l'altération qu'il éprouve.*

On pourra borner ses observations à quelques fruits d'espèces différentes, pourvu qu'il soit possible d'en tirer des conséquences assez générales.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de 3000 fr. Il sera adjugé dans la séance publique du mois de mars 1821.

Le terme de rigueur pour l'envoi des Mémoires est le 1er janvier 1821.

L'Académie royale des Sciences propose pour sujet d'un autre prix qu'elle adjugera dans la séance publique du mois de mars 1821, la question suivante :

Donner une description comparative du cerveau dans les quatre classes d'animaux vertébrés, et particulièrement dans les reptiles et les poissons, en cherchant à reconnaître l'analogie des diverses parties de cet organe, en marquant avec soin les changemens de forme et de proportion qu'elles éprouvent, et en suivant le plus profondément qu'il sera possible les racines des nerfs cérébraux. Il suffira de faire les observations sur un certain nombre de genres choisis dans les principales familles naturelles de chaque classe; mais il sera nécessaire que les principales préparations soient représentées par des dessins suffisamment détaillés pour que l'on puisse les reproduire et en constater l'exactitude.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de 3000 francs.

Il sera adjugé dans la séance publique du mois de mars 1821.

Le terme de rigueur pour l'envoi des Mémoires est le 1er janvier 1821.

Les Mémoires devront être adressés, francs de port, au Secrétariat de l'Institut, avant le terme prescrit, et porter chacun une épigraphe ou devise qui sera répétée, avec le nom de l'auteur, dans un billet cacheté joint au Mémoire.

Prix de physiologie expérimentale fondé par un anonyme.

L'Académie a publié, dans les papiers publics du mois de décembre 1818, le programme suivant:

Un anonyme ayant offert une somme à l'Académie des Sciences, avec l'intention que le revenu en fût affecté à un prix de physiologie expérimentale à décerner chaque année, et le Roi ayant autorisé cette fondation par une ordonnance en date du 22 juillet 1818, l'Académie fait savoir qu'elle décernera une médaille d'or de la valeur de *quatre cent quarante francs*, à l'ouvrage imprimé ou manuscrit qui lui aura été adressé d'ici au 1er décembre 1819, et qui lui paraîtra avoir le plus contribué aux progrès de la physiologie expérimentale.

Elle fera connaître son jugement à sa séance publique du mois de mars 1820.

Les auteurs qui croiraient pouvoir prétendre au prix sont invités à adresser leurs ouvrages, francs de port, au secrétariat de l'Institut avant le 1er décembre 1819.

Ce terme est de rigueur.

Les concurrens sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages qui auront été envoyés au concours; mais les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies s'ils en ont besoin.

Prix de Statistique proposé par l'Académie royale des Sciences pour l'année 1819.

Afin que les recherches puissent s'étendre à un plus grand nombre d'objets, il a paru d'abord préférable de

ne point indiquer une question spéciale, en laissant aux auteurs mêmes le choix du sujet, pourvu que ce sujet appartienne à la statistique proprement dite, c'est-à-dire, qu'il contribue à faire connaître exactement le territoire ou la population, ou les richesses agricoles et industrielles du royaume ou des colonies.

Parmi les ouvrages regardés à juste titre comme les plus utiles, on pourrait désigner ceux qui auraient pour objet :

La description d'une des principales branches de l'industrie française, et l'estimation détaillée de ses produits.

La description des cours d'eaux, et de leur usage dans une portion notable du territoire de la France.

Le tableau de l'industrie de la capitale, recherche importante qui se compose d'une multitude d'élémens divers très-difficiles à rassembler.

Le plan topographique d'une grande ville joint à des Mémoires assez étendus sur la population, le commerce, la navigation et les établissemens maritimes.

Les descriptions statistiques des départemens, ou des annuaires rédigés d'après les instructions générales qui ont été publiées en France, et que Son Excellence le Ministre de l'Intérieur a renouvelées.

L'indication des substances qui forment la nourriture des habitans des campagnes dans plusieurs départemens, et le tableau des proportions selon lesquelles ces mêmes substances sont employées comme alimens.

Une suite d'observations sur les transports effectués par terre, qui serve à comparer l'importance respective des communications.

L'état des richesses minéralogiques de la France, celui de la navigation intérieure.

Enfin, divers Mémoires de ce genre ayant un objet spécial exactement défini et relatif à l'économie publique.

On regarderait comme préférables ceux de ces Mémoires qui, à conditions égales, s'appliqueraient à une grande partie du territoire, ou à des branches importantes de l'agriculture ou du commerce; ceux qui donneraient la connaissance complète d'un objet déterminé, et contiendraient surtout la plus grande quantité possible de résultats numériques et positifs.

Les Mémoires manuscrits, destinés au concours de l'année 1819, doivent être adressés au secrétariat de l'Institut, *francs de port*, et remis avant le 1er janvier 1820. Ils peuvent porter le nom de l'auteur, ou ce nom peut être écrit dans un billet cacheté joint au Mémoire.

Quant aux ouvrages imprimés, il suffit qu'ils aient été publiés dans le courant de l'année 1819, et qu'ils soient parvenus à l'Académie avant l'expiration du délai indiqué. Le prix consiste en une médaille d'or équivalente à la somme de *cinq cent trente francs*. — Il sera décerné dans la séance publique du mois de mars 1820.

Lettre *de M.* W. Bruce, *consul à Bushire, adressée à M.* W. Erskine *de Bombay, au sujet de la vaccine.*

(Cette lettre est datée du mois de mars 1813; mais elle n'a été publiée que tout récemment dans les *Mémoires* de la Société de Bombay.)

» Dans mon dernier voyage à Bombay, je vous annonçai que la vaccine (*the cow-pock*) était connue en Perse parmi la tribu nomade des *Eliaats.* Depuis mon retour à Bushire, j'ai pris, à ce sujet, les plus exactes informations auprès des individus de cette peuplade qui y viennent l'hiver pour vendre de la laine, des tapis, du beurre, du fromage, etc. Les troupeaux, dans cette saison, descendent des montagnes, comme vous savez, et se répandent dans le pays plat. Tous les Eliaats auxquels je me suis adressé, quoiqu'ils appartinssent à sept ou huit tribus différentes, m'ont, d'un commun accord, assuré que ceux d'entre eux qui sont employés à traire les troupeaux gagnent une maladie qui les préserve parfaitement de la petite-vérole. Ils ajoutaient que cette maladie règne parmi les vaches, et a principalement son siége sur les pis; mais que les brebis y étaient encore plus sujettes, et que c'était d'elles surtout que les bergers la prenaient. Ce fait, je pense, n'était pas connu jusqu'ici; je ne conserve toutefois aucun doute sur son exactitude, car il m'a été assuré par quarante ou cinquante personnes différentes; et il faut remarquer qu'elles n'avaient aucun intérêt à me tromper. Pour être plus certain encore, s'il était possible, je m'adressai à un fermier très-

respectable nommé *Malalla*, dont la demeure est à *quatorze milles* d'ici, et qui m'a quelques obligations : cet individu confirma non-seulement tout ce que j'avais appris des Eliaats, mais il ajouta que la maladie est fort commune dans le pays qu'il habite, et que ses propres brebis l'ont très-souvent.

» On expliquera, il me semble, fort simplement pourquoi les Eliaats prétendent que les brebis sont plus fréquemment attaquées de la maladie que les vaches, si l'on remarque que, dans ce pays, le beurre, le fromage, etc. sont principalement faits avec du lait de brebis, et que le gros bétail, qui en fournit très-peu, n'est guères employé que pour tirer des fardeaux. » (*Traduit de l'anglais.*)

Le passage suivant, tiré de l'*Essai politique sur le royaume de la Nouvelle-Espagne*, par M. de Humboldt, montre que les habitans de la Cordillière des Andes avaient aussi remarqué l'effet préservatif du vaccin.

« On avait inoculé (en 1802) la petite-vérole, dans » la maison du marquis de Valleumbroso, à un nègre » esclave : il n'eut aucun symptôme de maladie. On » voulut répéter l'opération, lorsque le jeune homme » déclara qu'il était bien sûr de ne jamais avoir la petite- » vérole, parce qu'en trayant les vaches dans la Cor- » dillière des Andes, il avait eu une sorte d'éruption » cutanée causée, au dire d'anciens pâtres indiens, par » le contact de certains tubercules que l'on trouve quel- » quefois aux pis des vaches. Ceux qui ont eu cette » éruption, disait le nègre, n'ont jamais la petite- » vérole. » (Vol. 1, p. 69.)

Bois fossile *trouvé sur la côte occidentale du Groënland.*

Pendant la dernière expédition anglaise dans la baie de Baffin, le capitaine Sabine descendit sur les îles *Hare*, situées près de la côte occidentale du Groënland, et par 70°.26′ de latitude. Le sergent d'artillerie qui l'accompagnait découvrit, près du sommet d'une montagne dont l'élévation n'a pas été exactement mesurée, mais qui doit avoir beaucoup plus de 1000 pieds, un tronc de bois fossile siliceux. Ce tronc était celui d'un *pin*. Son diamètre égalait *quatre* pouces; la place où il fut trouvé était à *quatre* milles du rivage.

Cet exemple devra être ajouté à la liste, déjà nombreuse, de faits que les naturalistes ont recueillis, et qui prouvent que certaines classes d'animaux et quelques espèces d'arbres ont existé, à des époques reculées, dans des contrées où maintenant elles ne pourraient pas s'acclimater.

Sur *un Moyen d'augmenter la force de la poudre.*

Dans le nouveau journal scientifique qui s'imprime à New-York, sous la direction du professeur Silliman, le colonel George Gibbs annonce avoir reconnu, par des expériences directes, qu'on augmente sensiblement la force de la poudre en la mêlant avec une certaine proportion de chaux vive. D'après ses ordres, la personne que le colonel employait pour faire sauter des rocs à sa cam-

pagne, chargeait constamment deux mines pareilles, tantôt avec de la poudre ordinaire, et tantôt avec un poids égal de deux parties de poudre et d'une partie de chaux vive réduite en poussière. Cette seconde espèce de charge ne donnait jamais des effets inférieurs à la première, quoique la quantité de poudre qu'elle renfermait fût moindre d'un tiers. Il est important de remarquer qu'on faisait le mélange de poudre et de chaux peu d'heures avant l'expérience, et qu'on le conservait dans des bouteilles bien bouchées. Si le mélange avait été formé la veille, on obtenait de moindres effets.

Suivant M. Gibbs, la chaux vive mêlée à de la poudre, dans ses expériences, absorbait l'eau hygrométrique dont celle-ci avait pu se charger, et favorisait ainsi son inflammation en la desséchant; mais il pense que si le mélange était trop ancien, la chaux avait réagi sur les élémens mêmes de la poudre, et que, dès-lors, tout l'avantage qu'on pouvait se promettre de ce procédé devait être perdu. M. Gibbs explique de la même manière, par la dessiccation de la poudre, l'augmentation de portée qu'acquiert une pièce de calibre, lorsqu'à la suite de quelques décharges elle a commencé à s'échauffer.

On avait déjà fait à Vincennes, il y a quelques années, des expériences directes analogues à celles de M. le colonel Gibbs, et dont les résultats, si j'ai bonne mémoire, avaient été que la chaux vive n'augmente en aucune manière la force de la poudre à laquelle on la mêle: j'ignore toutefois si on avait senti l'importance de ne pratiquer le mélange que le jour même de l'expérience. Le fait qu'un canon échauffé a plus de portée qu'un

canon froid est connu depuis très-long-temps, et a été vérifié naguère à l'aide du pendule ballistique ; mais je doute fort qu'on adopte l'explication que M. Gibbs en donne. En général, on voit, en lisant la note dont nous venons de donner l'extrait, que l'auteur a été trompé par de faux renseignemens, surtout dans ce qui a rapport à la grande tendance que la poudre aurait, suivant lui, à se charger de l'humidité atmosphérique.

Sur *la quantité de pluie qui tombe à Bombay.*

En 1803, 90 pouces anglais = 229 centimètres.
1804, 115 = 292

On se rappellera, comme terme de comparaison, qu'à Paris cette même quantité ne s'élève qu'à environ 50 centimètres.

1803 fut une année remarquablement sèche à Bombay.

1804 donna, au contraire, plus de pluie qu'on n'en recueille habituellement.

Le seul mois de juillet, en 1803, entre dans la somme totale pour 28 pouces d'eau (69 centim.). Le même mois, en 1804, en fournit 30 pouces (76 centim.).

Presque toute la pluie, à Bombay, tombe en *juin*, *juillet*, *août* et *septembre*. Dans le mois d'*octobre*, on en recueille quelquefois *cinq* ou *six* pouces. Durant le reste de l'année, il en tombe à peine *un* pouce.

NOUVEAUX *Résultats sur la combinaison de l'oxigène avec l'eau.*

PAR M. THENARD.

(Présentés à l'Académie des Sciences le lundi 29 mars 1819.)

JE suis enfin parvenu à saturer l'eau d'oxigène. La quantité qu'elle se trouve en contenir alors est de 850 fois son volume, ou le double de celle qui lui est propre. Dans cet état de saturation, elle possède des propriétés toutes particulières; les plus remarquables sont les suivantes :

Sa densité est de 1,455 : aussi, lorsqu'on en verse dans de l'eau non oxigénée, la voit-on couler, à travers ce liquide, comme une sorte de sirop, quoiqu'elle y soit très-soluble. Elle attaque l'épiderme presque tout-à-coup, le blanchit et produit des picotemens dont la durée varie en raison de la couche de liqueur qu'on a appliquée sur la peau : si cette couche était trop épaisse ou si elle était renouvelée, la peau elle-même serait attaquée et détruite. Appliquée sur la langue, elle la blanchit aussi, épaissit la salive, et produit sur le goût une sensation difficile à exprimer, mais qui se rapproche de celle de l'émétique Son action sur l'oxide d'argent est des plus violentes : en effet, chaque goutte de liqueur que l'on fait tomber sur l'oxide d'argent sec produit une véritable explosion, et il se développe tant de chaleur que, dans l'obscurité, il y a en même temps dégagement de lumière très-sensible. Outre l'oxide d'argent, il y a beaucoup d'autres oxides qui agissent avec violence sur l'eau oxigénée : tels sont le peroxide de manganèse, celui de cobalt, les oxides de plomb, de platine, de palladium, d'or, d'iridium, etc. Nombre de métaux très-divisés donnent également lieu au même phénomène. Je citerai seulement l'argent, le platine, l'or, l'osmium, l'iridium, le rhodium, le palladium. Dans tous les cas précédens, c'est toujours l'oxigène ajouté à l'eau qui se dégage, et quelquefois aussi celui de l'oxide; mais dans d'autres, une partie de l'oxigène se combine au métal même : c'est ce que nous présentent l'arsenic, le molybdène, le tungstène, le sélénium. Ces métaux s'acidifient souvent même avec production de lumière.

J'ai eu de nouveau l'occasion de reconnaître bien évidemment que les acides rendent l'eau oxigénée plus stable. L'or très-divisé agit avec une grande force sur l'eau oxigénée pure ; et cependant il est sans action sur celle qui contient un peu d'acide sulfurique.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL	VENTS
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.	à midi.	
1	738,44	+ 6,2	84	738,47	+ 7,7	74	738,00	+ 7,9	80	738,67	+ 4,5	96	+ 7,9	+ 4,5	Quelques éclaircies.	S.
2	739,54	+ 6,1	84	739,30	+ 8,9	69	738,80	+10,6	55	739,60	+ 7,5	67	+10,6	+ 4,0	Nuageux.	E. S. E.
3	742,53	+ 2,5	85	743,22	+ 5,2	70	743,90	+ 5,9	71	747,86	+ 2,7	77	+ 5,9	+ 1,0	Très-nuageux.	N.E. fort.
4	751,00	+ 2,0	76	751,30	+ 4,0	67	751,00	+ 4,7	63	752,90	+ 1,3	73	+ 4,8	+ 0,8	Couvert, brouillard	N E. fort.
5	754,60	+ 2,0	77	753,88	+ 5,1	67	753,40	+ 6,7	60	753,66	+ 3,2	90	+ 6,8	− 1,0	Beau.	N. N. E.
6	752,35	+ 4,2	89	752,30	+ 6,2	76	751,45	+ 7,2	71	753,75	+ 2,6	80	+ 7,2	+ 2,5	Quelques éclaircies.	N. N. E.
7	755,58	+ 3,1	80	755,27	+ 6,9	61	754,70	+ 8,7	54	755,92	+ 4,6	78	+ 8,7	+ 0,5	Nuageux.	N. E.
8	758,00	+ 4,6	80	757,56	+ 6,5	67	756,75	+ 9,0	60	758,00	+ 4,0	96	+ 9,0	+ 0,5	Légers nuages.	N. E. fort
9	760,47	+ 1,4	98	760,46	+ 3,7	87	759,86	+ 5,8	77	761,10	+ 1,9	94	+ 6,5	+ 1,2	Couvert.	N. E.
10	762,00	+ 1,2	97	761,52	+ 4,0	88	760,00	+ 5,2	78	759,96	+ 1,6	99	+ 5,2	+ 0,0	Couvert.	N. E.
11	761,00	+ 3,6	90	761,00	+ 6,1	79	760,34	+ 6,4	83	761,17	+ 1,0	86	+ 6,4	+ 1,0	Couvert, brouillard.	N. O.
12	762,33	+ 7,0	79	762,48	+ 9,7	68	762,26	+ 9,6	56	763,72	+ 7,1	73	+ 9,8	+ 5,0	Couvert, brouillard.	N. N. O.
13	765,30	+ 8,5	72	765,31	+11,7	57	764,52	+11,9	52	765,46	+ 7,5	60	+11,9	+ 5,7	Couvert.	N. O.
14	765,93	+ 6,7	76	765,56	+10,6	48	764,50	+11,7	42	764,24	+ 5,3	70	+11,8	+ 1,0	Beau.	E. N. E.
15	763,30	+ 6,7	75	762,85	+11,5	65	761,68	+13,2	50	762,18	+ 7,5	71	+13,2	+ 0,5	Beau.	S. S. O.
16	763,06	+ 9,1	80	762,95	+15,6	54	761,52	+18,9	50	761,34	+10,2	86	+18,9	+ 1,6	Voilé.	S. O
17	762,66	+ 9,0	96	761,75	+12,7	63	761,55	+10,7	55	762,67	+ 7,0	61	+12,7	+ 6,7	Quelques éclaircies.	O.
18	763,97	+ 5,7	70	761,57	+10,0	50	762,50	+ 8,7	50	761,64	+ 5,0	59	+10,0	+ 5,0	Très-nuageux.	N. E.
19	754,94	+ 8,0	70	751,92	+11,5	61	749,25	+10,5	64	748,33	+ 5,0	85	+11,5	+ 0,5	Très-nuageux.	S. fort.
20	745,72	+ 8,0	80	745,70	+ 8,2	82	745,75	+ 6,2	88	748,60	+ 5,2	85	+ 8,2	+ 5,0	Pluie par intervalles.	O.
21	751,90	+ 6,2	86	752,24	+ 8,5	71	752,00	+ 7,0	80	753,97	+ 4,2	88	+ 8,5	+ 4,0	Couvert.	O. N O
22	754,74	+ 7,5	89	754,34	+ 9,0	51	754,10	+ 7,2	61	753,74	+ 4,5	80	+ 9,0	+ 2,2	Nuageux.	O. N O.
23	753,34	+ 6,6	80	753,34	+11,4	70	752,45	+11,2	57	753,10	+ 7,5	80	+11,4	+ 1,5	Couvert.	E.
24	752,08	+ 8,7	87	751,93	+ 9,2	97	751,86	+12,0	93	752,88	+ 9,9	97	+12,5	+ 8,0	Pluie fine.	S. O.
25	752,23	+11,7	96	752,57	+10,6	94	752,51	+11,5	91	753,94	+ 8,5	73	+11,8	+ 7,[illegible]	Pluie continuelle.	O.
26	758,50	+ 8,9	73	759,22	+11,7	56	759,50	+ 7,7	72	760,80	+ 5,6	81	+11,8	+ 5,0	Nuageux.	O.
27	762,38	+10,2	74	761,74	+11,6	62	760,36	+12,5	59	759,62	+ 8,2	75	+12,5	+ 2,2	Très nuageux.	S. O.
28	758,34	+10,7	70	758,18	+14,0	56	757,20	+14,5	54	757,10	+10,2	75	+14,5	+ 6,6	Couvert.	S. O.
29	757,16	+10,7	81	756,07	+15,6	68	756,28	+15,0	70	759,34	+10,1	81	+15,6	+ 3,2	Nuageux.	S S.O.
30	763,16	+10,2	78	763,04	+14,7	61	762,54	+16,0	57	762,10	+12,4	80	+16,0	+ 6,0	Quelques éclaircies.	S. O
31	765,09	+11,6	85	764,10	+14,5	74	763,58	+14,4	74	763,66	+11,5	89	+14,5	+ 9,5	Couvert.	O faible.
1	751,45	+ 3,3	85	751,33	+ 5,8	73	750,79	+ 7,1	67	752,14	+ 3,4	85	+ 7,3	+ 1,4	Moyennes du 1 au 10	
2	760,82	+ 7,2	79	760,30	+10,8	63	759,39	+10,8	59	759,94	+ 6,1	74	+11,4	+ 3,2	Moyennes du 11 au 20.	
3	757,17	+ 9,3	82	756,97	+11,9	69	756,59	+11,7	70	757,36	+ 8,4	82	+12,5	+ 5,1	Moyennes du 21 au 31.	
	756,50	+ 6,7	82	756,21	+ 9,6	68	755,62	+ 9,9	65	756,51	+ 6,0	83	+10,5	+ 3,3	Moyennes du mois	+ 6,9.

MÉMOIRE

Sur la Courbure des milieux réfringens de l'œil chez le bœuf.

Par Ch. Chossat.

(Lu à la Société philomatique le 21 novembre 1818.)

Quoique la courbure des milieux de l'œil soit, pour la théorie de la vision, un élément d'une importance égale à celle du rapport de réfraction, néanmoins les physiciens ont presqu'entièrement négligé la première de ces recherches pour ne s'adonner qu'à la seconde. On ne voit point d'autre cause de cette omission, si ce n'est que, pour être traitée avec tout le soin qu'exige sa délicatesse, cette question nécessite un concours de moyens et d'appareils qui ne se trouvent à la disposition que de peu de personnes; et si moi-même j'ai pu m'en occuper, je le dois à la bienveillance particulière de M. Biot, qui a bien voulu me permettre l'emploi des instrumens précieux du cabinet de physique de la Faculté des Sciences de Paris.

Ce qui a été fait jusqu'à ce jour sur la question qui va m'occuper, se réduit aux recherches de Petit le médecin, et de M. Th. Young. Je vais donner une exposition succincte des méthodes employées par chacun d'eux, afin qu'on puisse par là apprécier les résultats qu'ils en ont obtenus. Petit s'est servi, pour ses recherches, de la méthode suivante (*Acad. des Scienc.* 1728). « J'ai fait » faire, dit-il, de petites plaques de cuivre; j'ai fait

» tailler, à leurs extrémités, des arcs de cercle de diffé-
» rens diamètres; je pose ces arcs de cercle sur la cor-
» née; celui qui paraît la toucher dans tous ses points
» marque la convexité de cette cornée ». C'est sans doute aussi par la même méthode qu'il a déterminé la courbure des surfaces du cristallin, et qu'il a construit les deux tables que l'on trouve dans les *Mémoires de l'Académie* pour 1730. Je crois inutile d'insister sur l'imperfection de ce procédé, la suite de ce Mémoire la fera suffisamment ressortir.

M. Thom. Young, dans son beau Mémoire *sur le Mécanisme de l'œil* (*Phil. Trans.* 1801), est conduit à conclure que, dans certains cas, les courbures du cristallin peuvent devenir, l'une une hyperbole, et l'autre une parabole; il ajoute qu'elles sont quelquefois et peut-être toujours plus ou moins hyperboliques ou elliptiques. Il a aussi déterminé le rayon de sa propre cornée, au moyen de la corde et du sinus verse, en partant de l'hypothèse circulaire. Tel est en abrégé tout ce que j'ai pu trouver sur la question qui m'occupe (1).

(1) Depuis trois mois environ, mon Mémoire était entre les mains de la commission chargée par la Société philomatique de lui en faire un rapport, lorsque j'eus communication d'une belle dissertation de M. Sœmmering le fils, intitulée: *De Oculorum hominis animaliumque sectione horizontali commentatio*, *Gottingæ*, 1818. Le but de cette dissertation étant simplement anatomique, ce qu'on y trouve sur la courbure des milieux de l'œil n'est point fondé sur des recherches spéciales. A cette remarque, qui distingue le travail de M. Sœmmering du mien, j'ajouterai les deux circonstances

Comme ce n'était plus à de simples approximations, mais à des déterminations rigoureuses et expérimentales que je voulais arriver, je m'appliquai à me procurer des dessins exacts et très-amplifiés des différens milieux de l'œil. Pour les obtenir, je m'arrêtai au mégascope de M. Charles, qui me parut l'instrument le plus propre à atteindre le but que je me proposais. Ayant donc fixé cet instrument au volet d'une chambre obscure, je plaçai en dehors de celle-ci, au-devant de l'objectif, les parties que je voulais dessiner : j'en recevais l'image sur une glace dépolie, et je suivais avec un crayon les contours de cette image en m'appliquant à rendre aussi délié que possible le trait du dessin que je traçais. Sur ce dessin, j'en calquais un autre sur lequel j'exécutais ensuite les opérations graphiques propres à déterminer la nature de la courbe obtenue.

Il m'arrivait cependant, quand l'animal était un de ceux dont je ne pourrais probablement plus, par la suite,

---

suivantes qui caractérisent essentiellement sa dissertation : c'est que les dessins en sont faits à la vue simple, sans l'aide d'aucun instrument d'optique ; et qu'à l'exemple d'Albinus, l'auteur a toujours eu soin de rétablir artificiellement telles qu'elles devaient l'avoir été pendant la vie, les parties que la mort pouvait avoir altérées (*omnia arte quasi restituebantur quæ in archetypo cum vita amissa videbantur*). Ces deux circonstances empêcheront malheureusement qu'on puisse jamais, d'une manière sûre, employer les beaux dessins qui ornent cette dissertation, pour déterminer la courbure des milieux de l'œil chez les différens animaux qui y sont représentés.

me procurer les yeux, de conserver comme dessin original celui qui était immédiatement calqué sur le dessin de la glace dépolie; et ce n'était que sur les copies de ce dessin original que j'exécutais ensuite mes opérations. Il devenait alors important de connaître les altérations que pouvaient introduire ces opérations successives dans les dessins que j'obtenais, et c'est à quoi je suis arrivé par l'expérience suivante, qui, ayant été faite dans un but différent de celui que je lui assigne ici, me paraît, par celà même, n'en démontrer que mieux la légitimité des conséquences que j'en déduirai. J'avais déterminé sur la copie d'un dessin original de la cornée de l'éléphant les différentes lignes nécessaires à la recherche de la nature de la courbure représentée par ce dessin. Cependant, assez long-temps après, craignant d'avoir commis quelques légères inexactitudes dans mes déterminations, je fis sur le même dessin original une seconde copie de cette cornée; j'en déterminai de nouveau le sommet, l'axe et les coordonnées, et je comparai ces derniers résultats avec ceux que j'avais obtenus en premier lieu, plus de six mois auparavant. Voici le tableau de cette comparaison :

Mars 1817.	Valeurs d'x dans les 2 dessins	Valeurs correspodantes d'y. 1er dessin.	2e dessin.	Différences.
	mm	mm	mm	mm
	5	20,50	20,75	0,25
	10	28,75	28,75	0,00
	15	35,25	35,25	0,00
	20	40,75	40,75	0,00
	25	45,75	45,65	0,10

On voit par là, 1° que l'erreur est absolument nulle pour les trois ordonnées moyennes; 2° qu'elle n'est que de 0,1 de millim. pour la dernière ordonnée; ce qui eût été inappréciable dans des expériences telles que celle-ci, si je n'avais point eu l'attention de déduire toujours mes valeurs de la somme de celles des deux ordonnées correspondantes à la même abscisse; 3° que le plus grand écart s'observe au voisinage du sommet, parce que l'ordonnée y rencontre la courbe très-obliquement; et quoique cet écart soit peu considérable, il en résulte néanmoins que les valeurs obtenues pour cette partie de la courbe sont toujours plus ou moins incertaines, et qu'on ne devra point s'étonner plus tard de trouver ordinairement pour ces premières ordonnées une différence assez sensible entre le calcul et l'observation.

La valeur du grossissement linéaire auquel je me suis arrêté est de 8 ou 10 pour 1 environ. Je ne pense pas qu'il y ait de l'avantage à aller au-delà, parce que les irisations deviendraient trop sensibles, même avec les meilleurs des objectifs achromatiques qu'on adapte à ces instrumens. Cette amplification suffit d'ailleurs pour donner aux résultats toute l'exactitude desirable, sans qu'on ait, je le pense, aucune déformation à redouter. Quant au mégascope dont je me suis servi, il a été construit avec beaucoup de soin par M. Cauchoix : c'est assez dire que, dans toutes ses parties, cet instrument était aussi parfait qu'il soit susceptible de le devenir.

Le nombre des courbures à déterminer n'est point aussi considérable qu'il le paraît d'abord : en effet, la cour-

bure antérieure de la cornée est assez sensiblement la même que celle de la surface antérieure de l'humeur aqueuse ; la postérieure de cette même humeur, la même que l'antérieure du cristallin ; enfin, la postérieure du cristallin la même que l'antérieure du corps vitré. Quant à la courbure postérieure du corps vitré, elle intéresse, non point par rapport à l'influence qu'elle peut exercer sur la marche de la lumière, mais uniquement parce qu'elle est la même que celle du tableau sur lequel se peignent les images au fond de l'œil. La netteté plus grande de ces images, qui doit très-probablement résulter de l'existence en ce lieu d'une courbure au lieu d'un plan, eût rendu importante la détermination de la nature de cette courbure; mais comme chaque fois que j'ai tenté des expériences à ce sujet, je n'ai pu éviter de nombreuses déformations qui altéraient entièrement les résultats, je me suis vu forcé à borner mes recherches à la courbure de trois des milieux de l'œil, savoir, à celles de la cornée et des deux surfaces du cristallin.

De la Cornée.

Pour prendre le dessin de la cornée, je place l'œil entier de l'animal dans un petit godet qui embrasse une assez grande partie de sa surface postérieure : je fixe ce godet au fond d'une cuve pleine d'eau dont les parois sont des glaces parallèles, et je dispose le tout au-devant du mégascope. L'eau, dans cette expérience, en privant l'œil d'une partie de son poids, est destinée à prévenir toute l'influence déformatrice que ce poids pourrait

avoir : mais aussi, pour que la pression de cette eau ne devienne point elle-même une cause de déformation, il faut, comme dans l'état de vie, que l'œil soit assez gonflé pour résister à tout affaissement ; et comme cette condition ne se trouve observée que tant qu'il est encore très-frais, j'ai toujours eu la précaution de choisir pour mes expériences les yeux d'animaux tués depuis deux ou trois heures seulement (1).

La manière dont l'œil repose sur le godet me permettant de présenter au mégascope celle de ses sections dont je desire obtenir le dessin, il ne reste plus qu'à reconnaître ces diverses sections sur l'œil extrait de l'orbite, et séparé de toutes les parties qui le protègent : or, l'on y arrive très-facilement au moyen des irrégularités que présente la circonférence de la cornée ; et quoique cette détermination ne soit qu'approximative, cependant elle suffit ici.

Les dessins étant obtenus, reste à les discuter. J'observe d'abord que les courbes qu'ils représentent ont toutes un axe, puisqu'on peut y mener une ligne de part et d'autre, à partir de laquelle les ordonnées perpendiculaires sont égales entre elles. Le tableau suivant présente ces doubles valeurs de l'ordonnée correspondantes à chaque abscisse.

---

(1) Le plus souvent la pupille se contractait encore quand, après avoir dessiné la cornée, j'incisais cette membrane pour détacher le cristallin.

Coupe selon le diamètre horizontal de l'œil.

14 mai 1818, { Bœuf tué à $9^{h.} \frac{1}{2}$ du matin (1). OEil dessiné à 11 heures.

Valeurs d'x.	Valeurs correspondantes d'y.		Moyennes.
	Demi-arc externe.	Demi-arc interne.	
mm	mm	mm	
10	48,5	48,5	. . . . . .
20	67,5	67,8	67,65
30	82,0	82,0	. . . . . .
40	94,0	La courbe, à cause de l'obliquité de son axe, ne s'étend pas jusqu'à la rencontre des abscisses de ce côté.	
50	104,0		
60	112,5		

J'arrive maintenant à la recherche de la nature même de la courbure : la forme de celle-ci indiquant qu'elle appartient aux courbes du 2me degré, je substitue, dans l'équation générale des sections coniques $y^2 = mx + nx^2$, les valeurs dont je viens de présenter le tableau. Les coordonnées $x = 20$; $x = 50$; $y = 67,65$; $y = 104$, me fournissent, pour en déterminer les constantes, les équations :

$$10816,0 = 50m + 2500n;$$
$$4576,5225 = 20m + 400n;$$
$$\text{d'où} \begin{cases} m = 237^{mm},163543; \\ n = -0,4168709. \end{cases}$$

Le signe négatif de n montre que la courbe proposée est de nature elliptique, et la valeur fractionnaire de cette même quantité prouve que cette ellipse ne peut

(1) Tous les bœufs dont je rapporte les dessins dans ce Mémoire étaient âgés de sept à neuf ans environ.

être le cercle; double conclusion que va confirmer pleinement la comparaison des valeurs d'y calculées, dans l'hypothèse elliptique, avec ces mêmes valeurs telles que les fournit l'observation. Des valeurs ci-dessus de m et de n, on déduit $a=284,45$ et $\frac{b^2}{a^2}=0,4168$: ces nombres, substitués dans l'équation de l'ellipse, fournissent pour y des valeurs qui vont être comparées, dans le tableau suivant, avec les résultats de l'observation :

Valeurs d'x.	Valeurs d'y, calculées.	Valeurs d'y, observées.	Différences.	
	mm	mm	mm	
10	48,26	48,50	— 0,24	Ecart moyen
20	67,64	67,65	— 0,01	$=\frac{0,75}{6}=0,12$ (mm).
30	82,08	82,00	+ 0,08	
40	93,90	94,00	— 0,10	
50	103,99	104,00	— 0,01	
60	112,81	112,50	+ 0,31	
			S=0,75	

Les écarts du calcul à l'observation sont très-peu considérables, puisque leur somme, sans égard au signe divisé par leur nombre, donne une moyenne de $\frac{1}{8}$ de millimètre seulement : cela suffit, je pense, pour une solution graphique ; et il serait d'autant plus inutile de rechercher une plus grande approximation, que le procédé employé pour obtenir les dessins ne me paraît point susceptible de la fournir.

Comme les valeurs des abscisses et des ordonnées employées pour déterminer les élémens de l'ellipse sont toujours affectées de petites erreurs inévitables que l'observation comporte, il faut choisir celles qui, par leur

position et leur grandeur, doivent être les plus exactes, et éviter celles dans lesquelles une petite erreur aurait sur les résultats une influence trop agrandie : ainsi, l'on devra éviter les ordonnées trop voisines du sommet de la courbe et celles qui en sont trop éloignées, les unes parce que leur obliquité relativement à la courbe rend incertaine la détermination du point précis de leur terminaison; les autres, parce qu'elles rencontrent cette même courbe dans un point où elle se déforme légèrement pour se continuer insensiblement avec la sclérotique. Une autre précaution à avoir, c'est de choisir des abscisses qui ne soient point trop rapprochées, afin que toutes les particularités de la courbe se prononcent aussi nettement que possible.

Descartes remarque (*Dioptiq. Disc.* 8) que l'aberration de sphéricité est nulle, pour tous les rayons incidens, sur un ellipsoïde, parallèlement à son grand axe, quand le rapport des sinus d'incidence et de réfraction est égal à celui du grand axe au double de l'excentricité, c'est-à-dire, quand :

$$\frac{\text{Sin. Inc.}}{\text{Sin. Réfr.}} = \frac{2a}{2\alpha};\ \text{or,}\ \frac{\text{sin. I.}}{\text{sin. R.}} = 1{,}34$$

pour la cornée du bœuf, ainsi que je l'ai établi dans un autre Mémoire : quant au rapport $\frac{2a}{2\alpha}$, on trouve qu'il est égal à 1,3 environ, c'est-à-dire, assez approché de celui des sinus; d'où il suit que l'aberration de sphéricité devait être en partie détruite, dans la cornée, par la configuration même de cette membrane, chez l'animal dont j'ai pris le dessin : cette remarque est applicable aux autres cornées dont il sera ici question.

L'axe vrai de l'arc elliptique que représente la section horizontale de la cornée ne tombe point sur le milieu de cet arc : en appelant *axe apparent* la perpendiculaire menée horizontalement sur le milieu de la corde qui joint les deux extrémités de l'arc de la cornée, je trouve, par le rapporteur, que cet axe apparent fait avec le grand axe de l'ellipse un angle d'environ 10°. On verra, par la suite, que j'ai presque toujours trouvé la même valeur pour cet angle, à quelques variations près : mais ce qu'il y a de constant, c'est que l'axe vrai de l'ellipse est incliné en dedans, en sorte qu'il pourrait arriver que l'animal eût la faculté de faire converger ses axes optiques, pourvu que les objets fussent situés au-delà d'une certaine limite dont la distance à l'œil pourrait être déterminée expérimentalement (1).

Comme vérification des résultats précédens, je rapporterai les expériences suivantes :

---

(1) Je dois citer ici un passage de la belle dissertation de M. Sœmmering le fils, relatif à la courbure de la cornée chez le cheval : « *Cornea modice convexa, ante ovata vel obtuse triangularis, lateribus longioribus versus canthum externum convergentibus, basi breviori ad canthum internum spectante.* » Sans qu'il y soit dit positivement que l'axe vrai de la cornée est incliné en dedans, je pense, d'après ce passage, et surtout d'après le dessin qui l'accompagne, qu'on ne peut se refuser à admettre que M. Sœmmering l'a observé ainsi. C'est pour moi une vive satisfaction que de m'être rencontré sans le savoir avec un homme aussi distingué.

Coupe selon le diamètre horizontal.

8 juillet 1818. { Bœuf tué à 8 heures. OEil dessiné à 11 heures.

Valeurs d'x.	Valeurs d'y, calculées.	Valeurs d'y, observées.	Différences.	
mm	mm	mm	mm	
10	58,60	58,50	+0,10	Ecart moyen : $= \frac{0,18}{5} = 0,03$ mm
20	82,25	82,25	0,00	$a = 332,24$
30	99,95	100,00	—0,05	$\frac{b^2}{a^2} = 0,5248$
40	114,49	114,50	—0,01	Inclin. des axes = 10°.
50	126,98	127,00	—0,02	
			S=0,18	

Ces valeurs ont été déterminées au moyen des coordonnées . . . . $x = 20$, $= 40$, $y = 82,25$, $= 114,50$.

Coupe selon le diamètre horizontal.

17 juillet 1818. { Bœuf tué à 8 heures. OEil dessiné à 10 heures.

Valeurs d'x.	Valeurs d'y, calculées.	Valeurs d'y, observées.	Différences.	
mm	mm	mm	mm	
10	55,41	55,50	—0,09	Ecart moyen : $= \frac{0,78}{6} = 0,15$ mm
20	77,80	77,80	0,00	$a = 380,97$
30	94,64	95,00	—0,36	$\frac{b^2}{a^2} = 0,4079$
40	108,53	108,80	—0,27	Incl. des axes = 10°.
50	120,50	120,50	0,00	
60	131,06	131,00	+0.06	
			S=0,78	

Ces valeurs ont été déterminées au moyen des coordonnées . . . . $x = 20$, $= 50$, $y = 77,8$, $= 120,5$.

Coupe selon le diamètre horizontal.

29 juillet 1818. { Bœuf tué à 8 heures. OEil dessiné à 10 heures. }

Valeurs d'x.	Valeurs d'y, calculées.	Valeurs d'y, observées.	Différences.	
mm	mm	mm	mm	
10	50,41	50,30	+ 0,11	Ecart moyen : $= \frac{0,28}{5} = 0,05$ (mm)
20	70,50	70,50	0,00	
30	85,34	85,25	+ 0,09	$a = 229,07$
40	97,40	97,40	0,00	$\frac{b^2}{a^2} = 0,5672$
50	107,58	107,50	+ 0,08	Incl. des axes $= 9°$.
			S = 0,28	

Ces valeurs ont été déterminées au moyen des coordonnées . . . . $x \begin{array}{l} = 20 \\ = 40 \end{array}, y \begin{array}{l} = 70,5 \\ = 97,4. \end{array}$

Jusqu'ici je ne me suis occupé que de la section horizontale de la cornée : voulant m'assurer si la surface de cette membrane était ou non une surface de révolution, j'ai pris une coupe à 90° de la précédente selon le diamètre vertical de l'œil. Pour faire cette coupe de la manière la plus favorable au but que je me proposais, il aurait fallu pouvoir placer verticalement le grand axe de l'ellipse donnée pour la coupe horizontale, afin que l'axe de la section verticale coïncidât avec lui. Mais cette condition ne saurait jamais être exactement remplie, à cause de l'impossibilité où l'on se trouve de déterminer, avant les opérations graphiques, quelle doit être la position de l'axe de la section horizontale d'une cornée donnée. J'ai pris néanmoins cette coupe verticale en recherchant autant que possible à remplir la condition ci-dessus, et j'ai eu soin de le faire sur un œil dont je

venais d'observer la section horizontale immédiatement auparavant. En voici un exemple pris sur l'œil rapporté sous la date du 29 juillet :

(29 juillet.) *Coupe selon le diamètre vertical.*

Valeurs d'x.	Valeurs d'y, calculées.	Valeurs d'y, observées.	Différences.	
mm	mm	mm	mm	
10	55,16	55,40	− 0,24	Écart moyen :
20	77,00	77,00	0,00	$= \frac{0^{mm},39}{5} = 0^{mm},08$
30	93,01	93,00	+ 0,01	$a = 200,64$
40	106,00	106,00	0,00	$\frac{b^2}{a^2} = 0,7775$.
50	116,86	117,00	− 0,14	
			S = 0,39	

Ces valeurs ont été calculées au moyen des coordonnées. . . . . $x \begin{matrix} = 20 \\ = 40 \end{matrix}$, $y \begin{matrix} = 77 \\ = 106. \end{matrix}$

L'axe de cette section verticale se trouve exactement perpendiculaire sur le milieu de la corde qui joint les deux extrémités de la courbe ; il partage donc cette corde en deux parties égales, et par conséquent se trouve dans le plan même de la section horizontale.

Puisque les sections de la cornée sont des ellipses, il serait démontré que cette membrane est un ellipsoïde de révolution si l'on trouvait une valeur constante pour $\frac{b^2}{a^2}$ lorsque les deux sections ont le même axe : or, cette condition étant, comme je l'ai dit, presque impossible à remplir, on ne peut déduire des coupes verticales de la cornée aucune démonstration du fait que je veux établir. On peut cependant en tirer parti dans ce dernier but, en recherchant si elles satisfont à la condition

suivante, qui doit avoir nécessairement lieu dans le cas où l'ellipsoïde serait de révolution, savoir : que, parmi les différentes valeurs de $\frac{b^2}{a^2}$ que peuvent fournir les coupes antéro-postérieures de la cornée, celle que donne la section horizontale soit toujours un *minimum*, puisque, dans mes expériences, c'est la seule dont le grand axe soit supposé pouvoir coïncider avec l'axe de révolution, et qui par là fournisse l'ellipse génératrice. Cette condition se trouve exactement remplie dans le cas présent. J'ai trouvé :

Pour la section horizontale, $\frac{b^2}{a^2} = 0,5672$;

Et pour la section verticale, $\frac{b^2}{a^2} = 0,7775$.

A ces raisons, je pourrais ajouter la suivante : j'ai cherché à obtenir une coupe de la cornée perpendiculaire au grand axe de l'ellipse fournie par la section horizontale ; mais cette opération est beaucoup plus difficile qu'elle ne le paraît d'abord ; et comme je n'ai pu y réussir d'une manière exacte, malgré toute la peine que je me suis donnée, je m'exempterai de rapporter le détail de l'expérience. Je dirai seulement que cette coupe différait du cercle assez peu pour qu'on pût attribuer le léger écart à l'inexactitude de la perpendicularité du plan coupant.

Les raisons ci-dessus, auxquelles je pourrais joindre quelques considérations indirectes tirées de la nécessité d'une courbure régulière pour la perfection de la vision, me paraissent suffisantes pour prouver que la cornée de bœuf est un ellipsoïde de révolution, auteur du grand axe de l'ellipse donnée par la section horizontale.

Du Cristallin.

La grande facilité avec laquelle se déforme le cristallin a rendu assez laborieuse la détermination de sa courbure. La pression la plus légère exercée sur ce corps délicat, la position qu'on lui donne, l'air auquel on l'expose, l'eau où on le plonge, presque tout enfin, jusqu'à son propre poids qu'il faut chercher à lui soustraire, sont susceptibles d'altérer sa figure et de tromper l'expérimentateur. On conçoit qu'il m'était impossible de le soustraire à-la-fois à tant de causes variées de déformation : aussi j'ai dû chercher à apprécier l'influence de celles qui pouvaient exister dans mes expériences, et c'est par là que je vais commencer.

Position du cristallin. Quoique rien ne paraisse plus simple que de placer un cristallin devant un mégascope, si l'on réfléchit néanmoins aux causes nombreuses de déformation que je viens d'énoncer, on arrive bientôt à voir que la position la plus favorable à donner au cristallin n'est point une chose aussi facile à trouver qu'elle le semblait d'abord. Je cherchai à parer au plus grand nombre possible de ces causes déformatrices en adoptant le procédé suivant : je plaçai le cristallin dans une cuve à glaces parallèles, contenant deux couches de liquides, l'une d'eau, l'autre de mercure. Entièrement immergé dans la première de ces couches, il se trouvait suspendu sur la seconde, et flottait librement à sa surface par les ébranlemens les plus légers. J'obtenais, de cette manière, les avantages suivans : 1° le cristallin entier ayant pour pesant. spécif. 1,114 (*Monro*), était soustrait, par son immersion dans l'eau, à presque toute l'influence défor-

matrice qu'aurait eu son poids étant placé dans l'air. La présence du mercure était destinée à atténuer encore davantage l'influence du poids que la dépression très-légère de ce liquide ($0^{mm},5$ environ) indiquait être déjà réduite à fort peu de chose. 2°. Le cristallin, par suite nécessaire de son mode de suspension, me présentait naturellement la coupe dont la révolution avait produit l'une et l'autre de ses faces : j'évitais donc encore l'influence que peut avoir sur les dessins une position incertaine et variable. 3°. Je préservais enfin le cristallin de l'influence de la dessiccation, cause déformatrice qui altère complètement la figure de ce corps.

Comme il importe de savoir selon quel diamètre de l'œil a été faite la coupe du cristallin que représente le dessin, je le détermine d'une manière aussi simple qu'exacte en laissant tomber à travers la pupille une goutte d'encre sur ce cristallin. Par l'écoulement de l'humeur aqueuse, l'iris se trouvant parfaitement appliqué sur lui, il se trouve marqué d'une tache noire et allongée, absolument semblable à la forme de la pupille; et comme le grand diamètre de la pupille chez le bœuf coïncide avec le diamètre horizontal de l'œil, on peut facilement, au moyen de la direction de la tache du cristallin, en déduire la position de ce dernier pendant l'expérience.

Absorption de l'eau. L'immersion du cristallin dans l'eau, par l'absorption du liquide ambiant que ce corps exerce sans cesse, devient une cause de déformation d'une importance extrême qui a attiré toute mon attention. Je commençai par rechercher si, au moyen de quelque réactif, je ne pourrais point empêcher cette absorption : de l'eau chargée de muriate de soude me parut

d'abord remplir mes vues ; car y ayant placé un cristallin qui depuis quelque temps avait été plongé dans l'eau, il commença par surnager, puis bientôt se précipita au fond du vase en rejetant visiblement une partie de l'eau qu'il avait absorbée. Mais je m'aperçus, au changement qu'il éprouva dans sa transparence, qu'une action chimique était exercée sur lui à travers la capsule cristalline, et que, par conséquent, je devais renoncer à ce moyen, dans l'incertitude qu'il ne fût aussi déformateur. Différens essais tentés, dans le même but, avec d'autres substances m'ayant fourni des résultats semblables, j'ai dû renoncer à leur emploi et recourir à d'autres moyens.

Ne pouvant prévenir l'absorption de l'eau, je cherchai à déterminer l'influence qu'elle pouvait avoir sur la figure du cristallin. A cet effet, je déterminai :

1°. *La quantité d'eau absorbée dans un temps donné.* En immergeant un cristallin dans l'eau, et le pesant, au bout d'un temps connu, avec une balance de Fortin, j'obtins ainsi les résultats suivans :

12 juin 1818. { Bœuf tué à 8 heures. Immersion à 11 heures.

Eau à 25° c.	DURÉE de l'émersion pour la pesée.	DURÉE de l'immersion.	AUGMENTATION de poids.
	4′	10′	5 millig.
	7	15	15
	5	20	22
	6	20	28
	6	20	30
		20	30
	S = 28′	S = 105′	S = 130.

Moyenn. $= \frac{130^{\text{mg.}}}{105'} = 1,24^{\text{mg.}}$ par minute.

Je ne pousserai pas plus loin ce tableau, quoique j'aie continué mes expériences pendant un temps plus long; je me contenterai de dire que 288′ d'immersion m'ont fourni une moyenne de $1^{mg},285$ par minute; ce qui s'éloigne très-peu du résultat ci-dessus. J'observe que l'absorption est moindre dans le commencement de l'expérience qu'à la fin; circonstance favorable au but que je me proposais. L'on peut même présumer qu'elle est infiniment faible dans les premières minutes de l'immersion; car, avant l'expérience dont je donne ici le tableau, j'en avais tenté une autre sur le même cristallin, mais avec une balance qui n'était point assez sensible pour m'accuser des poids fort petits.

2°. *La distribution de l'eau à l'intérieur du cristallin.* Ayant disséqué un cristallin qui avait été immergé dans l'eau pendant 48 heures, et qui déjà exhalait une odeur fétide, je trouvai que l'eau ne s'était insinuée que dans les couches extérieures, et que le noyau central était aussi dur et aussi étendu que dans un cristallin frais.

Deux jours auparavant, ce même cristallin étant alors très-frais, je le dessinai à deux reprises différentes, savoir: immédiatement lors de son immersion dans l'eau, et au bout de 45 minutes de cette immersion : j'avais eu soin, dans l'intervalle, de le laisser, ainsi que le tableau, dans la même position relativement au mégascope, afin d'avoir deux dessins exactement comparables. J'exécutai sur ces deux dessins les opérations graphiques accoutumées, avec cette différence cependant que l'origine est ici placée sur le milieu du grand axe apparent du cristallin.

8 juin 1818.

Face antérieure. Valeurs d'x.	Valeurs d'y. 1er Dessin.	Valeurs d'y. 2e Dessin.	Différences.
mm	mm	mm	mm
0	46,0	48,5	2,5
10	45,5	48,0	2,5
20	44,3	47,0	2,7
30	42,5	45,0	2,5
40	40,2	43,0	2,8
50	36,2	39,0	2,8
60	31,5	33,7	2,6
70	24,5	27,0	2,5
80	12,5	14,0	1,5
	$a=85,0$	$a=84,0$	
	$b=46,0$	$b=48,5$	
Face postérieure.			
40	59,0	59,0	0,0
50	53,0	53,5	0,5
60	45,0	45,5	0,5
70	34,0	35,0	1,0
80	17,0	17,0	0,0

Cette expérience ayant été répétée avec des résultats semblables, on doit en conclure, 1° que le cristallin est allongé d'avant en arrière par l'eau qu'il absorbe; 2° qu'il se rétrécit transversalement d'une fort petite quantité; 3° que la surface sur laquelle il repose (c'est ici la postérieure) conserve à-peu-près les mêmes dimensions; 4° que l'eau absorbée se distribue à la superficie de l'autre de ces faces d'une manière sensiblement uniforme, puisque l'accroissement des ordonnées y est

à fort peu près le même (1); 5° que la nature de sa courbure n'est point modifiée par tous ces changemens; car en substituant, par exemple, $x \begin{smallmatrix} = 84 - 30 \\ = 84 - 40 \end{smallmatrix}$ $y \begin{smallmatrix} = 45 \\ = 43 \end{smallmatrix}$ dans l'équation générale des sections coniques (2), on arrivera à une valeur de n négative et fractionnaire; 6° qu'à plus forte raison, la nature de cette courbure ne sera point altérée pendant le court espace de temps nécessaire pour tracer le dessin; car, s'il faut 45' pour produire un allongement de $2^{mm},5$, cet allongement ne sera que de 0,25 de millim. pendant les quatre ou cinq minutes nécessaires à l'expérience : or, un allongement semblable répandu uniformément sur toute la surface ne peut point y apporter d'altération appréciable (3).

Ce que je viens d'établir met en état d'expliquer plu-

---

(1) Si la dernière ordonnée paraît faire exception, cela vient de ce que le sommet de la courbe s'est rapproché d'elle d'un millim. : car, quand on transporte dans le 2me dessin le pied de cette ordonnée à 5 millim du sommet, ainsi que cela se trouve avoir lieu dans le premier dessin, on obtient $y = 15^{m},2$, et alors la différence devient 2,7 comme pour les autres ordonnées.

(2) Je suppose ici l'origine transportée au sommet. Il ne faut point soumettre ces nombres à d'autres épreuves, telles que celles qui seront faites ci-après pour comparer les résultats du calcul à ceux de l'observation; car ils ne sont relatifs qu'aux axes apparens de la courbe, et non point à ses axes réels.

(3) Il est vraisemblable que le cristallin de l'enfant ne diffère chimiquement de celui de l'adulte que par une plus grande proportion d'eau : elle s'y distribue conformément à ce que je viens d'établir, puisqu'en général, dans la jeunesse, l'axe antéro-postérieur du cristallin est proportionnellement plus long que l'axe horizontal. (Petit, *Acad. des Scienc.*, 1730.) Cette distribution peut donc, à un certain point, expliquer les changemens que la nutrition apporte avec l'âge dans la forme de ce corps.

sieurs faits qui se présentent dans les expériences sur le cristallin : 1° le cristallin, après la mort, doit absorber les humeurs aqueuses et vitrées comme l'eau dans laquelle on le plonge : de là la nécessité où je me suis trouvé de prendre pour mes dessins les yeux d'animaux tués fort récemment, afin que la déformation fût encore aussi petite que possible. Il est de fait cependant que le cristallin se conserve beaucoup mieux quand on le laisse dans l'œil entier réuni au corps vitré, que quand on l'en détache et qu'on le plonge dans l'eau : peut-être cela tient-il à l'intégrité du canal goudronné. 2°. Il est extrêmement probable, les transsudations, en général, n'ayant point lieu pendant la vie, que ce qu'on nomme, dans le cristallin, *humeur de Morgagni* n'est qu'un produit de l'absorption cadavérique des deux autres humeurs de l'œil. 3°. Petit le médecin (*Acad. des Scienc.* 1727) a remarqué qu'après la mort le cristallin perdait bientôt sa limpidité; ce qu'il attribue à la différence de température à laquelle ce corps se trouve soumis alors. Je crois erronée l'explication qu'il a donnée de ce phénomène, puisque, si elle était vraie, tout le cristallin devrait avoir également perdu sa transparence; et cependant, en enlevant la première couche opaque, le cristallin reparaît transparent au-dessous. Je regarde plutôt l'absorption que ce corps exerce sur le liquide dans lequel il se trouve plongé comme la cause véritable de son opacité; et j'en déduis la conséquence que, dans les expériences auxquelles on peut le soumettre pour déterminer soit sa figure, soit son pouvoir réfringent, l'on doit regarder les changemens qu'il éprouve dans sa transparence comme une mesure de l'altération déjà survenue à son

état d'intégrité. 4°. C'est encore à l'infiltration de l'eau qu'est due la formation des ménisques que l'on observe au sommet de chacune des deux faces du cristallin quand il a été immergé pendant 36 à 48 heures. 5°. C'est enfin à l'infiltration de l'eau qu'est due la trisection du sommet de chacune des faces du cristallin quand on le tient pendant quelque temps immergé ; car, en ajoutant une petite quantité d'alcool au liquide dans lequel ce corps ainsi déformé se trouve plongé, l'opacité disparaît en grande partie, ainsi que les traces de cette espèce de trisection.

Après ces préliminaires, je puis m'engager dans le détail des expériences destinées à faire connaître la courbure des faces du cristallin. J'avertis que l'origne des coordonnées est placée à l'extrémité du grand axe de chaque face, et que les abscisses sont prises sur lui.

Coupe selon le diamètre horizontal.

19 juin 1818. { Bœuf tué à 8 heures et demie. OEil dessiné à 11 heures.

Face antérieure. Valeurs d'x.	Valeurs d'y, calc.	observées. ½ arc inter.	½ arc extern.	Moy.	Differ.	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	
10	25,32	25,5	25,5	.....	+ 0,18	Ecart moyen :
20	34,96	35,0	34,9	34,95	− 0,01	mm mm
30	41,75	41,7	41,7	.....	− 0,05	$= \frac{1,11}{11} = 0,10$
40	46,95	46,9	46,9	.....	− 0,05	$a = 112$
50	51,05	50,9	50,9	.....	− 0,15	$b = 61,3$
60	54,29	54,3	54,0	54,15	− 0,14	
70	56,82	56,8	56,5	56,65	− 0,17	$\frac{b^2}{a^2} = 0,2956$
80	58,74	58,5	58,5	.....	− 0,24	
90	60,10	60,1	60,0	60,05	− 0,05	Angle des 2 axes :
100	60,94	61,3	60,7	61,00	+ 0,06	$= 2°.30'$.
110	61,29	61,3	61,3	.....	+ 0,01	
					S = 1,11	

La presqu'égalité des ordonnées des points semblablement situés sur chacun des demi-axes de la courbe montre ici, comme pour la cornée, que les lignes prises pour axes sont en effet bien les axes réels de la courbe proposée.

En substituant, dans l'équation générale des sections coniques, comme je l'ai fait pour la cornée, les coordonnées $x \begin{smallmatrix} =30 \\ =60 \end{smallmatrix}$, $y \begin{smallmatrix} =41,7 \\ =54,3 \end{smallmatrix}$, on arrive à une valeur de n négative et fractionnaire qui fait voir que la courbe proposée ne peut être qu'une ellipse proprement dite. Des valeurs de m et de n, on déduit $a = 113,5$ et $\frac{b^2}{a^2} = 0,29405$; et en calculant les différentes ordonnées de la courbe au moyen de ces dernières quantités, afin de comparer les résultats du calcul à ceux de l'observation, on obtient pour l'écart moyen $0^{mm},14$. Quoiqu'un pareil résultat soit suffisamment approché, j'ai cependant préféré employer les axes tels que les fournit l'observation, plutôt que leurs valeurs déduites du calcul. J'ai obtenu ainsi un résultat plus approché encore, comme on le voit par le tableau ci-dessus, puisque l'écart moyen n'est plus que de $0^{mm},10$.

De ce qui précède, je crois pouvoir conclure que la surface antérieure du cristallin est de nature elliptique comme la cornée, et que, comme elle encore, elle est de révolution autour de l'axe antéro-postérieur; mais il y a cette différence que, pour le cristallin, l'axe de révolution est le petit axe de l'ellipse, au lieu que pour la cornée c'est le grand axe.

Avant d'aller plus loin, je dois donner quelques détails sur la manière dont les axes ont été déterminés.

J'avais commencé par prendre pour grand axe la ligne menée par les points où les deux surfaces du cristallin paraissaient se continuer l'une avec l'autre, et pour petit axe la perpendiculaire sur le milieu de cette ligne. Mais les ordonnées des points semblablement situés de part et d'autre du petit axe étant de longueur inégale, je prolongeai de 10 millimètres environ, du côté de l'aplatissement, la demi-ellipse que me donnait la coupe de la face antérieure : je déterminai ainsi de nouveaux axes qui sont en effet les véritables, et ceux sur lesquels j'établis les calculs précédens. L'angle formé par l'axe vrai et l'axe apparent est de 2° 30′, et l'axe vrai est toujours incliné du côté externe.

Je passe maintenant à la face postérieure du cristallin.

Coupe selon le diamètre horizontal.

3 juillet 1818. { Bœuf tué à 8 heures. OEil dessiné à 9 heures et demie.

Face postérieure. Valeurs d'x.	Valeurs d'y, calculées.	Valeurs d'y, observées.	Différences.	
mm	mm	mm	mm	
10	41,42	42,00	— 0,58	Ecart moyen :
20	57,05	57,00	+ 0,05	$= \frac{1,02}{9} = 0,11$ (mm)
30	67,92	67,80	+ 0,12	$a = 101$
40	76,11	76,10	+ 0,01	$b = 95,5$
50	82,43	82,40	+ 0,03	$\frac{b^2}{a} = 0,8940.$
60	87,27	87,25	+ 0,02	
70	90,88	90,80	+ 0,08	Angle des axes :
80	93,41	93,40	+ 0,01	$= 3° 30'$.
90	94,92	94,80	+ 0,12	
			S = 1,02	

Les remarques faites ci-dessus pour la face antérieure du cristallin s'appliquent absolument à la face postérieure. Ainsi, la substitution des coordonnées $x = 40, = 50$, $y = 76,1, = 82,1$, dans l'équation générale des sections coniques, conduit à une valeur de n négative et fractionnaire qui montre que la courbe proposée est nécessairement une ellipse. De même, l'axe de révolution de cette face ne coïncide point avec son axe apparent, et je suis arrivé à la correction nécessaire par le même procédé. Enfin, l'angle formé par les deux axes de cette face diffère peu de celui des deux axes de la face antérieure, et comme pour celle-ci, l'axe de révolution est incliné en dehors.

Comme vérification, je vais rapporter les expériences faites sur deux autres cristallins. On verra que les conclusions que l'on doit en tirer confirment complètement ce qui précède.

Coupe selon le diamètre horizontal.

8 juillet 1818. { Bœuf tué à 8 heures. OEil dessiné à 12 heures.

Face antérieure.	Valeurs d'y,					
Valeurs d'x.	calc.	observées.			Différ.	
		½ arc intern.	½ arc exter.	Moyen.		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	
10	25,86	25,8	26,3	26,05	+ 0,19	Ecart moyen :
20	35,69	35,3	35,7	35,50	− 0,19	$= \frac{1,64}{10} = 0,16$ (mm)
30	42,59	42,3	42,3	.....	− 0,29	
40	47,84	47,6	47,6	.....	− 0,24	$a = 108,5$
50	51,96	51,6	51,8	51,70	− 0,26	$b = 61,7$
60	55,19	55,0	54,8	54,90	− 0,29	
70	57,68	57,3	57,8	57,55	− 0,13	$\frac{b^2}{a^2} = 0,3234.$
80	59,53	59,2	59,8	59,50	− 0,03	
90	60,79	60,6	61,0	60,80	+ 0,01	Angle des 2 axes :
100	61,51	61,5	61,5	.....	− 0,01	$= 2° 30'$.
					S = 1,64	

Face postérieure. (C'est sur elle que repose le cristallin.) Valeurs d'x.	Valeurs d'y, calc.	observées. ½ arc intern.	½ arc exter.	Moy.	Différ.	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	Ecart moyen :
10	39,70	39,5	39,5	.....	— 0,20	$= \frac{1,28}{6}$ mm $= 0,21$ mm
20	54,78	54,5	5[illegible],5	.....	— 0,28	
30	65,37	65,4	65,4	.....	+ 0,03	$a = 108,5$
40	73,44	73,4	73,4	.....	— 0,04	$b = 94,7$
50	79,76	80,5	79,6	79,80	+ 0,04	
60	84,71	85,0	85,8	85,40	+ 0,69	$\frac{b^2}{a^2} = 0,7618$.
					S = 1,28	Angle des 2 axes : = 2° 30′.

Angle des axes de révolution des deux faces = 5°.

Les dessins précédens sont pris selon le diamètre horizontal de l'œil, et dans tous, les axes de révolution des deux faces, distincts de l'axe apparent de tout le cristallin, forment entre eux un angle de 5° environ. Or, puisque les deux axes de révolution sont dans un même plan horizontal, il est évident qu'en prenant une coupe à 90° de la précédente, ces deux axes, ou plutôt leur projection sur le plan coupant, devront se réduire à un seul qui lui-même coïncidera avec le petit axe apparent du cristallin. Ainsi, une semblable coupe ne présentera qu'un seul petit axe, unique pour tout le cristallin, tandis que les grands axes de chaque face, au lieu de former un angle comme dans la coupe horizontale, seront parallèles entre eux, les deux demi-arcs observés devenant symétriques. Tel est ce qu'offrira nécessairement une coupe verticale du cristallin si les résultats précédemment obtenus sont exacts : or, c'est ce que l'expérience suivante a rigoureusement démontré.

Coupe selon le diamètre vertical.

8 août 1818. { Bœuf tué 15 heures avant l'expérience.
Œil en fort bon état : cristallin parfaitement transparent.

Face antérieure.	Valeurs d'y,					
Valeurs d'x.	calc.	observées.			Différ.	
		1er ½ arc.	2e ½ arc.	Moy.		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	
6	20,88	21,0	20,8	20,90	+ 0,02	Ecart moyen :
16	33,27	33,3	33,3	.....	+ 0,03	
26	41,33	41,7	41,5	41,60	+ 0,27	$= \frac{2,37}{10} = 0,23$ mm
36	47,30	47,3	47,7	47,50	+ 0.20	
46	51,93	52,0	52,3	52,15	+ 0,22	$a = 106$
56	55,54	56,0	56,0	.....	+ 0,46	$b = 63$
66	58,34	58,7	58,8	58,75	+ 0,41	
76	60,42	60,7	60,8	60,75	+ 0,33	$\frac{b^2}{a^2} = 0,3532$.
86	61.86	62,0	62,0	.....	+ 0,14	
96	62,71	63,0	63,0	.....	+ 0,29	
					S=2,37	
Face postérieure. (C'est sur elle que repose le cristallin.)						
mm	mm	mm	mm	mm	mm	
6	29,32	31,0	31,0	.....	+ 1,68	Ecart moyen :
16	46,70	47,0	47,0	.....	+ 0,30	
26	57,99	58,3	57,5	57,90	+ 0,09	$= \frac{2,28}{7} = 0,32$ mm
36	66,38	66,7	66,3	66,50	+ 0,12	$a = 106$
46	72,87	73,0	72,8	72,90	+ 0,03	$b = 88,4$
56	77,94	78,0	78,0	.....	+ 0,06	
66	81,85	82,0	81,7	81,85	0,00	$\frac{b^2}{a^2} = 0,6955$.
					S=2,28	

L'exactitude des résultats confirme pleinement ce que j'ai avancé ci-dessus : néanmoins, pour surcroît de preuves, je vais rapporter les détails d'un second dessin du même cristallin fait immédiatement après le précédent, mais selon une coupe horizontale.

Face antérieure. Valeurs d'x.	Valeurs d'y, calc.	observées, 1er ½ arc.	2e ½ arc.	Moy.	Différ.	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	
5	19,50	19,0	19,0	.....	— 0,50	Ecart moyen :
15	32,19	31,7	32,0	31,85	— 0,34	
25	40,47	40,5	40,5	.....	+ 0,03	$= \frac{2,22}{10} = 0,22$ (mm)
35	46,57	46,3	46,5	46,40	— 0,17	
45	51,28	51,0	51,0	.....	— 0,28	$a = 105$
55	54,95	54.5	54,8	54,65	— 0,30	$b = 62,5$
65	57,78	57,5	57,7	57,60	— 0,18	
75	59,88	59,8	59,7	59,75	— 0,13	$\frac{b^2}{a^2} = 0,3542.$
85	61,34	61,2	61,3	61,25	— 0,09	
95	62,20	62,0	62,0	.....	— 0,20	
					S=2,22	
Face postérieure. (C'est sur elle que repose le cristallin.)						
mm	mm	mm	mm	mm	mm	Ecart moyen :
5	26,67	26,5	26,5	.....	+ 0,17	
15	45,03	44,5	44,5	.....	— 0,53	$= \frac{1,84}{7} = 0,26$ (mm)
25	56 63	56,5	56,5	.....	+ 0,13	$a = 105$
35	65,17	64,5	65,0	64,75	— 0,42	$b = 87,5$
45	71,75	71,3	72,0	71,65	+ 0,10	
55	76,89	76,5	77,0	76,75	+ 0,14	$\frac{b^2}{a^2} = 0,6936.$
65	80,85	80,5	80,5	.....	+ 0,35	Angle des axes de
					S=1,84	révolution des deux faces, = 3°.

J'ai à remarquer, à l'occasion de ces deux dessins, 1° que la valeur de $\frac{b^2}{a^2}$ pour la face antérieure est, dans le dernier dessin, un peu plus grande que dans le premier; ce qui est dû à l'infiltration de l'eau pendant le temps qu'a duré l'expérience. Quant à la différence dans la valeur du grand axe, elle dépend d'une variation dans le grossissement. 2°. L'angle que forment les deux grands axes dans le 2me dessin est de 3° : comme je l'ai trouvé ailleurs de 5°, il en résulte que la valeur de cet angle est

variable, de même que l'on a vu varier celle de l'angle formé par les axes vrai et apparent de la cornée.

Ceci m'amène à une remarque générale sur la manière dont l'œil est axé. Je crois avoir démontré avec assez d'évidence que les différentes parties de l'œil du bœuf n'ont point un axe unique. Cet inconvénient, quoique fort grave en apparence, me paraît cependant devoir être très-faible pour un organe tel que l'œil. Il en est du moins ainsi pour les instrumens qui n'admettent que des grossissemens peu considérables : telles sont les lunettes de spectacle dont l'axe est ordinairement fort mal réglé sans qu'on en éprouve beaucoup d'incommodité ; et si ce défaut est si léger pour des instrumens amplifians, à plus forte raison doit-il l'être pour un organe qui ne peint que des images extrêmement déliées, comme sont celles que l'on voit se dessiner au fond de l'œil. Ceci, au reste, n'est qu'une présomption.

Je termine par la récapitulation des principales conclusions que j'ai cru pouvoir tirer dans le courant de ce Mémoire :

1°. La cornée du bœuf est un segment d'ellipsoïde.

2°. Cet ellipsoïde est de révolution autour du grand axe de l'ellipse que représente la section horizontale de la cornée.

3°. Cet axe de révolution est toujours incliné en dedans (vers les naseaux), et fait avec l'axe apparent un angle de 9° à 10° chez les bœufs de sept à neuf ans.

4°. Le produit de l'absorption du cristallin se distribue dans son intérieur, de manière à ne point changer la nature de sa courbure.

5°. Le produit de cette absorption forme l'humeur de

Morgagni, et détermine la perte de transparence et la trisection des faces du cristallin.

6°. Les faces du cristallin sont des segmens d'ellipsoïde de révolution autour du petit axe de l'ellipse génératrice.

7°. L'axe vrai de chaque face est toujours incliné en dehors, et ces deux axes forment entre eux un angle d'environ 5° chez les bœufs de sept à neuf ans.

Il ne faut point tirer de ces faits des conclusions générales : des recherches, que je ne publierai point encore, m'ont appris que les courbures n'étaient point de même nature dans une même classe d'animaux : ainsi, pour en citer un exemple, quoique la cornée soit elliptique chez plusieurs mammifères, elle est hyperbolique chez l'éléphant : les nombres cités au commencement de ce Mémoire prouvent cette dernière assertion.

Explication des figures.

Fig. 1re. *Coupe horizontale de la cornée.*

E, côté externe de l'œil.
I, côté interne de l'œil.
EBI, portion de la circonférence de la cornée.
EAI, coupe horizontale de la surface de la cornée.
CA, axe vrai de l'ellipse, incliné en dedans.
CA', axe apparent.

Fig. 2. *Coupe verticale de la même cornée.*

SS', côtés supérieur et inférieur de l'œil.
SBS', portion de la circonférence de la cornée.

SAS', coupe verticale de la surface de la cornée.

AB, axe de cette section.

Fig. 3. *Coupe horizontale du cristallin.*

I, côté interne.

E, côté externe.

IαE, surface antérieure du cristallin.

Iα'E, surface postérieure du cristallin.

IE, grand axe apparent.

Ia, grand axe vrai de la surface antérieure.

Cα, petit axe vrai de la surface antérieure.

Ia', grand axe vrai de la surface postérieure.

C'α', petit axe vrai de la surface postérieure.

mm', portion de la surface du cristallin immergée dans le mercure pendant l'expérience.

Fig. 4. *Coupe verticale du même cristallin.*

SS', côtés supérieur et inférieur du cristallin.

SbS', surface antérieure du cristallin.

Sb'S, surface postérieure.

SS, grand axe apparent.

bb', petit axe.

aa, grand axe vrai de la surface antérieure.

a' a', grand axe vrai de la surface postérieure.

mm', portion immergée dans le mercure.

OBSERVATIONS

Sur la Nature de quelques-uns des principes immédiats de l'urine, avec quelques remarques sur les moyens de prévenir les maladies qui accompagnent l'état morbifique de ce fluide.

Par William Prout.

(Lu le 24 juin 1817.)

Traduit de l'anglais par M. Anatole Riffault.

Section Ire. *Propriétés chimiques et composition de quelques-uns des principes immédiats de l'urine.*

Je ne porterai, quant à présent, mon attention que sur l'*urée*, la *matière sucrée* et l'acide *lithique* ou *urique*; je ne parlerai point des autres principes immédiats de l'urine, et particulièrement des *phosphates* et de l'*acide oxalique*, parce qu'il reste encore de l'incertitude sur leur nature.

Urée. Rouelle le jeune fit le premier connaître, en 1773, ce principe à l'état de combinaison avec plusieurs autres, sous le nom d'*extrait savonneux de l'urine*. L'urée n'attira cependant l'attention que plusieurs années après, lorsque M. Cruickshanks décrivit avec plus de détail ses propriétés, et l'on peut dire jusqu'à un certain point qu'il la découvrit de nouveau. Fourcroy et M. Vauquelin étendirent les recherches sur cette substance, et lui donnèrent le nom qu'elle porte aujour-

d'hui. Leurs observations ont été jusqu'à présent généralement adoptées par les chimistes, à l'exception de M. Berzelius, et plus récemment de M. Thenard (1). M. Berzelius semble être le premier qui ait obtenu l'urée à l'état isolé, et qui par conséquent ait décrit ses propriétés avec quelque exactitude. Il observe que l'urée qu'il se procura n'avait pas de couleur, et formait des cristaux prismatiques très-distincts ressemblant au nitre (2). Comment l'obtint-il dans cet état, et jusqu'où poussa-t-il la recherche de ses propriétés? c'est ce que j'ignore; mais cette observation me suggéra la première idée d'entreprendre de me la procurer dans un état semblable; ce à quoi je parvins après beaucoup de travail. M. Thenard, dans son dernier ouvrage, décrit ainsi cette substance : « cristallisée en lames carrées, ou en feuilles quadrilatères allongées, dont l'épaisseur varie de 1 à 5 millimètres; elle est sans couleur, transparente, assez dure, d'une saveur fraîche, un peu piquante et urineuse; son odeur rappelle aussi celle de l'urine; sa pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau; elle est sans action sur les couleurs bleues végétales. Mise en contact avec l'air, elle en attire l'humidité et se résout en liqueur : abandonnée à elle-même, cette dissolution se décompose peu à peu, donne lieu à de l'acétate

---

(1) J'ai appris dernièrement par M. Gay-Lussac que M. Vauquelin a obtenu l'urée dans le même état de pureté que je vais la décrire.

(2) *Voyez* son ouvrage : *Wiew of the progress and present state of animal chemistry*, page 101.

et à du sous-carbonate d'ammoniaque, et laisse dégager des gaz très-fétides, etc. » (1).

J'obtins le premier cette substance à l'état de pureté par le procédé suivant, que j'exposai, il y a déjà trois années, dans quelques-unes de mes leçons sur la chimie animale.

Manière d'obtenir l'urée. On fait évaporer avec précaution l'urine fraîche en consistance de sirop, et quand elle est refroidie, on y ajoute par degrés de l'acide *nitrique* pur concentré, jusqu'à ce que le tout forme une masse cristallisée, de couleur foncée, qu'on lave légèrement avec de l'eau froide et qu'on laisse égoutter. On verse alors lentement sur cette masse une dissolution assez concentrée de sous-carbonate de potasse ou de soude, jusqu'à ce que la liqueur soit devenue entièrement neutre; et après l'avoir concentrée par une évaporation ménagée, on la laisse reposer afin que le nitre qui s'est formé cristallise, et que l'on puisse le séparer. On ajoute à la dissolution impure d'urée assez de charbon animal pour absorber tout le fluide, et en faire une pâte fine, qu'on laisse reposer pendant quelques heures; on y verse alors de l'eau froide qui sépare l'urée, et l'on fait évaporer lentement à siccité, à une douce chaleur, la dissolution incolore ainsi obtenue. On fait alors bouillir le résidu dans de l'alcool très-fort qui dissout l'urée, et laisse le nitre et presque toutes les autres substances salines. Il est ensuite facile de retirer de la dissolution alcoolique l'urée cristallisée et

(1) *Traité de Chimie*, tome III, page 442.

pure, quoiqu'en général il soit nécessaire de lui faire subir deux ou trois cristallisations dans l'alcool (1).

Propriétés de l'urée. L'urée affecte le plus souvent la forme de prismes à quatre pans. Ses cristaux sont transparens et incolores; ils ont un léger éclat nacré. Elle laisse sur la langue une sensation de fraîcheur comme le nitre. Sa saveur est faible et particulière, mais point urineuse. Elle n'affecte ni le papier de tournesol ni celui de curcuma. Par son exposition à l'air, elle paraît n'éprouver aucun changement, excepté dans un temps très-humide : elle est alors un peu déliquescente, mais ne semble pas éprouver de décomposition. Soumise à une forte chaleur, elle se fond; une partie est décomposée et l'autre se sublime sans altération apparente. La pesanteur spécifique de ses cristaux est environ 1,350.

A 15° cent., l'eau dissout au-delà de son propre poids d'urée, et cette dissolution, exposée pendant plusieurs mois à l'air, ne subit aucun changement. L'eau bouillante la dissout en toute proportion, et l'urée ne paraît pas être altérée à cette température.

A la température ordinaire, l'alcool (pes. spéc. 0,816) dissout environ 20 pour 100 d'urée, et à celle de l'eau bouillante, il prend plus que son poids de cette substance, qui s'en sépare, par le refroidissement, sous la forme de cristaux. Elle est très-peu, sinon pas du tout soluble dans l'éther sulfurique et l'huile essentielle de térébenthine, quoiqu'elle rende ces liquides opaques.

---

(1) Ce procédé paraîtra peut-être très-compliqué; mais je ne crois pas qu'il soit possible d'obtenir l'urée par des méthodes plus simples.

Les alcalis fixes et les terres alcalines décomposent l'urée, spécialement à l'aide de la chaleur et quand il y a présence d'eau; le résultat consiste principalement en carbonate d'ammoniaque. Elle s'unit avec la plupart des oxides métalliques; sa combinaison avec l'oxide d'argent est grisâtre; la chaleur la fait détonner et l'oxide est réduit. Cependant l'urée seule ne paraît pas capable de décomposer aucun sel métallique, et l'on est obligé d'avoir recours aux doubles affinités pour opérer l'union dont il s'agit.

L'acide nitrique forme avec cette substance un composé cristallisé, peu soluble dans l'eau, et bien connu des chimistes. L'acide oxalique donne lieu à un corps semblable; mais, dans aucun de ces composés, l'acide n'est entièrement neutralisé.

Telles sont en abrégé les propriétés de l'urée sur lesquelles je ne crois pas devoir ici m'étendre davantage. Examinons maintenant la composition de cette substance.

Analyse de l'urée. Avant de procéder à cette partie de mon sujet, je rappellerai brièvement, une fois pour toutes, les principes généraux de l'analyse des substances organiques. On connaît depuis long-temps la nature générale et la composition des corps organisés. Ceux du règne végétal sont ordinairement formés de trois élémens, l'hydrogène, le carbone et l'oxigène; ceux du règne animal en ont quatre, l'hydrogène, le carbone, l'oxigène et l'azote. C'est pourquoi l'on s'est proposé, dans toute analyse de ces substances, de combiner leurs élémens de manière à obtenir d'autres composés connus : dans les végétaux, par exemple, l'hydrogène

et le carbone sont convertis, au moyen de l'oxigène, en eau et en acide carbonique; et en mesurant exactement ce qu'en fournit une quantité donnée du végétal sur lequel on opère, on pourra, par le calcul, en déduire les proportions d'hydrogène et de carbone, puisque l'on suppose bien connue la composition de l'eau et de l'acide carbonique. Les chimistes ont employé plusieurs substances pour fournir l'oxigène; M. Gay-Lussac, et plus récemment M. Berzelius, ont fait usage du chlorate de potasse. Il est en effet très-convenable pour les analyses des végétaux; mais pour les substances animales, il ne présente pas les mêmes avantages, et cela tient à la propriété particulière que possède l'azote de s'unir avec différentes proportions d'oxigène; de sorte qu'on n'est pas certain d'obtenir toujours des résultats uniformes: c'est ce qui m'a déterminé, après plusieurs tentatives peu satisfaisantes avec ce sel, à recourir à l'oxide noir de cuivre, que M. Gay-Lussac avait tout récemment employé dans une pareille vue, et que j'ai reconnu remplir parfaitement mon objet. Cet oxide, à la température à laquelle le verre ordinaire commence à fondre, partage son oxigène seulement entre l'hydrogène et le carbone de la substance (1); d'où il suit que l'on obtient l'azote

(1) Si la chaleur est poussée trop loin, il se forme, surtout avec quelques substances, du gaz nitreux. Pour obvier à cet inconvénient, M. Gay-Lussac recommande de placer sur le mélange une couche de limaille de cuivre. J'ai eu quelquefois recours à cet expédient; mais, en général, je n'en ai pas eu besoin.

pur isolé, et qu'on peut aisément déterminer avec précision sa proportion.

La quantité de substances analysées fut, en général, de 4 grains (1) : selon sa composition, elle fut mélangée avec plus ou moins d'oxide de cuivre. On répéta plusieurs fois les expériences, en évitant avec la plus grande attention ce qui aurait pu avoir de l'influence sur les résultats. On a apporté aussi les plus grands soins à la détermination exacte des quantités d'eau et de gaz développées, et l'on s'est servi pour cet objet d'une balance extrêmement sensible, avec des poids que j'ai faits moi-même d'après les étalons de platine de Troughton, et d'un gazomètre dont j'ai également soigné la graduation. Toutes les substances ont été préalablement desséchées dans le vide avec de l'acide sulfurique, à la température d'environ 93°.

Je dois encore faire observer que les nombres représentant les *atomes* ou *poids proportionnels* des substances élémentaires diffèrent légèrement de ceux qu'on leur assigne ordinairement, et sont les mêmes que ceux proposés dans un Mémoire anonyme publié, il y a quelque temps, dans les *Annals of Philosophy* (2), c'est-à-dire :

---

(1) Dans les analyses dont il est ici question, M. Prout a opéré sur 4 grains anglais de substance, ce qui équivaut environ à 259 milligr.

(2) *Ann. de Chim. et de Phys.* I. 411.

Hydrogène,	1,25;
Carbone,	7,5;
Oxigène,	10,00;
Azote,	17,50.

Je reviens maintenant à mon sujet : 4 grains d'*urée*, traités comme il vient d'être dit, ont fourni en poids :

Hydrogène,	0,266;
Carbone,	0,799;
Azote,	1,866.
	2,933.
Oxigène,	1,066.
	4,000.

Ce qui correspond à :

2 atomes ou 2 vol. d'hydrog.	2,5	ou pour cent.	hydrog.	6,66;
1 atome ou 1 vol. de carb.	7,5		carbone,	19,99;
1 atome ou $\frac{1}{2}$ vol. d'oxigène,	10,0		oxigène,	26,66;
1 atome ou 1 vol. d'azote,	17.5		azote,	46,66.
	37,5			100,00.

Nitrate d'urée. J'ai pensé que l'analyse de ce singulier composé serait utile, comme nous fournissant le moyen d'estimer la quantité d'urée présente dans une urine donnée : c'est dans cette vue que j'ai entrepris les expériences suivantes :

Ayant mis 20 grains de nitrate d'urée ordinaire en digestion avec la même quantité de carbonate de chaux, 8,7 grains de cette dernière substance furent dissous.

10 grains d'urée traités par l'acide nitrique fournirent

environ (1) 18,5 grains de nitrate d'urée; d'où il suit que le nitrate d'urée est composé, pour 100 parties, de :

Acide nitrique,	47,37	ou 1 atome;
Urée,	52,63	ou 2 atomes.

L'acide nitrique, convenablement ménagé, est un réactif assez délicat pour l'urée dans les besoins ordinaires. L'acide oxalique est encore plus sensible, quoiqu'il soit plus lent à produire ses effets.

Analyse du sucre. 4 grains de sucre pur en cristaux ont fourni en poids :

Hydrogène,	0,266;
Carbone,	1,599.
	1,866
Oxigène,	2,133.
	4,000.

Ce qui correspond à :

		ou pour cent.	
1 atome ou 1 vol. d'hydrog.	1,25	hydrog.	6,66;
1 atome ou 1 vol. de carb.,	7,5	carbone,	39,99;
1 atome ou $\frac{1}{2}$ vol. d'oxigène,	10,0	oxigène,	53,33.
	18,75		100,00.

(1) J'ai dit *environ*, parce qu'il est difficile de faire cette expérience avec une grande exactitude, et qu'on doit conséquemment avoir peu de confiance dans son résultat; cependant, réunie à d'autres semblables, elle confirme le résultat ci-dessus. Je soupçonne néanmoins qu'il y a plus d'un nitrate d'urée, quoique je ne puisse encore le démontrer.

Le sucre de diabètes, analysé à plusieurs reprises, a donné des résultats si rapprochés de ceux-ci, qu'il est impossible de lui supposer une composition différente de celle du sucre ordinaire. Les seules différences que je remarquai, c'est que le sucre de diabètes fournissait en général une petite quantité d'azote et un peu plus d'eau (environ un dixième de grain), et c'est sans doute à ces légers changemens qu'on doit attribuer la diversité de leurs caractères extérieurs (1).

Sucre de lait. On obtient à-peu-près les mêmes résultats de cette substance ; ce qui me porte à croire que le principe sucré simple est composé d'un atome de chaque élément, et que les variétés qu'il présente dans les caractères extérieurs doivent être attribuées à la présence de très-petites portions de matières étrangères analogues, par exemple, à ce que nous offre le règne inorganique dans le minéral nommé *arragonite*.

M. Berzelius a obtenu de 4 grains de *sucre ordinaire* :

Eau,	2,4 grains ;
Acide carbonique,	6,04.

Et, suivant cet habile chimiste, le *sucre de lait* donne :

Eau,	2,44 grains ;
Acide carbonique,	5,80.

(1) Il existe un moyen aussi prompt que facile de se procurer le sucre de diabètes à l'état de pureté ; il consiste à faire digérer sur lui, à plusieurs reprises, de l'alcool froid, jusqu'à ce qu'il s'en écoule incolore ; on le dissout ensuite à chaud dans ce liquide. Par ce procédé, le sucre se trouve séparé des substances étrangères ; il cristallise rapidement, et on peut l'avoir très-pur en répétant les cristallisations.

Résultats qui se rapprochent beaucoup de ceux que je viens de donner (1).

Analyse de l'acide urique (2). 4 grains d'*acide urique* pur produisirent, en poids :

Hydrogène,	0,11 ;
Carbone,	1,37 ;
Azote,	1,61.
	3,09.
Oxigène,	0,91.
	4,00.

Ce qui correspond à :

1 atome ou 1 vol. d'hydrog.	1,25	ou pour cent.	hydrog.	2,857 ;
2 atomes ou 2 vol. de carb.	15,00		carbon.,	34,286 ;
1 atome ou $\frac{1}{2}$ vol. d'oxigène,	10,00		oxigène,	22,857 ;
1 atome ou 1 vol. d'azote,	17,50		azote,	40,000.
	43,75			100,000.

M. Bérard a publié dernièrement les analyses de plusieurs substances animales (3), et entre autres celles de

(1) Voyez *Annals of Philosophy*, vol. III, p. 264.

(2) J'ai adopté le nom original donné par les chimistes français à cette substance, d'après les raisons que le Dr Marcet a développées dans son dernier ouvrage. Je saisis aussi cette occasion d'exprimer à ce savant ma reconnaissance pour les facilités qu'il m'a procurées d'examiner plusieurs variétés de calculs très-rares, particulièrement l'*oxide cystique*, dont j'espère bientôt soumettre l'analyse à la Société.

(3) Voyez *Annales de Chimie et de Physique*, tome V, juillet 1817.

l'*urée* et de l'acide *urique*. Comme mes résultats ont de beaucoup précédé la publication du Mémoire de M. Bérard, je me contenterai d'y renvoyer le lecteur, en observant seulement que, dans plusieurs points, ils coïncident parfaitement, tandis qu'ils sont un peu différens dans d'autres.

On a représenté, dans le tableau ci-dessous, un résumé sommaire des résultats qui précèdent.

ÉLÉMENS.	URÉE.		SUCRE.		ACIDE URIQUE.	
	atomes.	sur cent.	atomes.	sur cent.	atomes.	sur cent.
Hydrogène	2,5	6,66	1,25	6,66	1,25	2,85
Carbone	7,5	19,99	7,5	39,99	15,0	34,28
Oxigène	10,0	26,66	10,0	53,33	10,0	22,85
Azote	17,5	46,66	...	....	17,5	40,00
	37,5	100,00	18,75	100,00	43,75	100,00

Conclusions générales. 1. La théorie atomique ou théorie des proportions définies se trouve bien en harmonie avec tous ces exemples, et ce qui la rend encore plus probable, c'est qu'on prouvera par la suite que toutes les substances tant végétales qu'animales, susceptibles de cristalliser ou de former des composés cristallisés, sont soumises à ses lois.

2. Les substances ci-dessus analysées paraissent formées par l'union de composés plus simples; par exemple, l'urée d'hydrogène carboné et d'oxide nitreux, l'acide

urique, de cyanogène et d'eau, etc.; ce qui prouve en quelque sorte que leur formation artificielle ne dépasse pas les limites de la chimie moderne.

3. La relation remarquable que l'on a trouvé exister entre l'urée et le sucre paraît expliquer d'une manière très-satisfaisante le phénomène du diabètes, qu'on peut en effet considérer comme une sécrétion altérée d'urée. Ainsi, le poids d'un atome de sucre est *justement la moitié* de celui de l'urée, et dans un poids donné de ces deux substances, la *quantité absolue d'hydrogène est égale*, tandis que les *quantités absolues* de carbone et d'oxigène sont précisément *doubles* de celles qui constituent l'urée.

4. L'acide urique est une substance tout-à-fait différente de l'urée par sa composition. Ce fait explique l'observation que j'ai souvent faite, qu'un excès d'urée accompagne généralement la diathèse phosphorique, et non la lithique; car j'ai vu plusieurs fois, dans l'urine d'une personne chez qui la diathèse phosphorique dominait, l'urée assez abondante pour cristalliser spontanément par l'addition d'acide nitrique, sans avoir été concentrée par l'évaporation.

Je m'abstiendrai, quant à présent, d'indiquer d'autres circonstances intéressantes que cette recherche m'a fait remarquer, dans la crainte que leur nouveauté ne les fasse regarder comme hasardées et hypothétiques. Néanmoins ces analyses me semblent découvrir les lois qui, ainsi que nous le trouverons ci-après, déterminent toutes les opérations de la nature.

SECTION II. *Remarques sur l'efficacité des remèdes généraux, et principalement des purgatifs, pour assurer l'état sanitaire des sécrétions urinaires, et prévenir les affections calculeuses.*

On ne doit regarder les observations que je vais présenter que comme des déductions de ce que renferme la première Section. Les faits pratiques n'ont point, en général, été déduits des connaissances physiologiques; mais ils sont communément dus au hasard ou à une expérience aveugle; et maintenant même où la physiologie et l'anatomie sont parvenues à un si haut degré de perfection, nous ne pouvons prononcer, *à priori*, sur l'effet particulier que produira une nouvelle substance sur l'économie animale. Ces réflexions doivent sans doute chagriner ceux qui cultivent ces sciences, surtout quand elles sont rendues plus amères par le rire moqueur et le *cui bono* d'un ignorant empirique; mais la série de causes et d'effets qui sépare maintenant la physiologie de la pratique ne peut être *infinie*, et en approchant par degrés de chaque extrême, on parviendra tôt ou tard à tout connaître, et alors « la raison sera triomphante. »

L'*uromancie*, ou la connaissance des maladies à l'inspection de l'urine, paraît être aussi ancienne que la médecine elle-même. Cependant les opinions des anciens à ce sujet n'étaient que vagues, souvent même ridicules, et c'est à la chimie moderne que nous sommes entièrement redevables des moyens de faire sur l'urine des observations précises. Il n'y a que peu d'années que j'ai plus particulièrement dirigé mon attention vers la pathologie de cette sécrétion, et une des premières observations

que je fis (d'autres personnes l'ont faite aussi sans doute) fut l'effet surprenant produit, par un laxatif ordinaire, sur ma propre urine, qu'il ramena d'un état trouble à sa transparence et sa couleur ordinaires. Après cette remarque, il ne me fallut pas beaucoup y réfléchir pour être amené à conclure que la cause, quelle qu'elle fût, qui m'obligeait à recourir aux laxatifs contribuait principalement à l'état morbifique de l'urine ; et le soin avec lequel on a traité, dans ce pays, les maladies des organes digestifs, me fit aisément rapporter cette cause commune au dérangement des fonctions de ces organes. Faisant attention ensuite à l'affinité intime qui existe entre les dépôts urinaires et les concrétions calculeuses, il se présentait naturellement cette question : Si les purgatifs qui ont, dans les cas ordinaires, le pouvoir de faire disparaître les sédimens urinaires, ne seraient pas capables d'agir de même dans les cas extrêmes, ou dans la gravelle, ou dans les affections calculeuses ? Manquant d'occasions favorables pour vérifier ces idées, je les avais presque totalement oubliées, lorsque j'eus lieu de m'entretenir avec le Dr Scudamore, dont les vues étaient semblables aux miennes, et qui avait poussé ses recherches sur ce sujet bien plus avant que je n'aurais pu le faire. Ce savant, dans son dernier ouvrage, a fait connaître la plus grande partie de ce que j'ai à dire sur ce sujet ; circonstance qui me dispense d'entrer ici dans de grands détails.

Les sécrétions viciées de toute nature doivent être le résultat de causes ou générales, ou locales, ou des deux simultanément. Mais quand nous remarquons combien peu les organes sécréteurs sont sujets à être affectés, et

combien peu ils le sont en effet quand la maladie n'attaque pas tout le système, nous devons nécessairement penser que c'est là que réside la cause première de leur dérangement. La conséquence est évidente. Les remèdes, n'importe de quel genre, qui tendent à rétablir la santé générale doivent tendre aussi à faire bien exécuter au corps toutes ses fonctions, et par conséquent les fonctions sécrétoires. Je ne m'étendrai pas sur des principes qui sont bien connus, et dont le développement et l'application sont avec justice regardés comme une des plus grandes découvertes de la médecine moderne; je ferai seulement observer qu'en donnant une attention particulière à la santé générale, et surtout aux fonctions de l'estomac et des intestins, j'ai, dans un grand nombre de cas, fait disparaître promptement les dépôts urinaires, et ramené tout-à-fait cette sécrétion à sa nature et sa tranparence accoutumées. J'en ai eu particulièrement des exemples remarquables dans des enfans chez qui la diathèse phosphorique est ordinairement prédominante. Les remèdes que j'employai furent pour la plupart une combinaison de calomel et de rhubarbe, auxquels on en ajouta d'autres, selon que les circonstances l'exigeaient. Chez les adultes, où, comme on le sait, les diathèses phosphorique et urique dominent et souvent même alternent dans le même sujet, je les ai vus généralement disparaître par le même principe de traitement, et quelquefois par le même remède : c'est pourquoi je suis porté à croire qu'ils sont plus intimement réunis qu'on ne le pense communément. Il faut bien cependant admettre qu'il existe quelques différences entre les causes qui peuvent produire des effets si divers, quoique, je

dois l'avouer, je ne sois pas capable de les déterminer, ou même d'avancer sur leur nature aucune opinion, bien que j'aie donné toute mon attention à ce sujet. Quant aux remèdes particuliers, ils se présenteront de suite aux praticiens qui se seront bien pénétrés des principes ci-dessus mentionnés : je dirai cependant que quand les cas m'ont indiqué l'usage des laxatifs, j'ai employé avec le plus grand succès une combinaison de pilules mercurielles avec l'aloès ou l'extrait de coloquinte. Les remèdes qui poussent à la peau et aux reins sont souvent des auxiliaires utiles, et on doit suivre un régime exactement d'accord avec les mêmes principes généraux.

Il n'est pas besoin de remarquer que les observations ci-dessus ne concernent que les maladies des urines, en tant qu'elles tiennent à la constitution, et qu'elles n'ont point encore produit des affections locales ou des calculs. Je n'ai rien à ajouter au peu qui est déjà connu sur le traitement de ces douloureuses maladies. Une fois que le calcul est formé, son accroissement ultérieur est probablement dû à un procédé chimique ordinaire, et il continuera, soit que l'urine soit saine ou non ; car toute urine contient naturellement tous les principes que l'on rencontre communément dans les calculs. Les remèdes généraux peuvent néanmoins retarder ses progrès ; mais ce n'est que prolonger les souffrances du malade, qui ferait mieux de consentir à l'opération, et prévenir ensuite, d'après les principes ci-dessus, la formation future d'une nouvelle concrétion calculeuse.

Je n'avais pas eu l'occasion d'appliquer ces principes aux diabètes ; mais quand la maladie a bien pris son

cours, elle paraît tenir fortement à une affection locale, et par conséquent ils seraient inapplicables.

Je terminerai ces remarques par quelques observations sur le moyen *chimique* de traiter les affections calculeuses.

Les principes de ce traitement sont bien connus, et ont été habilement exposés, dans ces derniers temps, par le Dr Marcet (1). Il n'est pas douteux que les remèdes acides et alcalins produisent souvent beaucoup de bien dans les maladies de ce genre. Les remèdes alcalins surtout sont généralement reconnus comme ayant la propriété de diminuer l'irritation excessive qui accompagne ordinairement les affections calculeuses : cependant, d'après tout ce que j'ai été à même d'observer, je ne peux me dispenser d'avouer qu'il me semble que les bons effets et des remèdes acides et des remèdes alcalins ne peuvent s'expliquer d'une manière entièrement satisfaisante par les principes chimiques. Le Dr Marcet admet qu'il en est en effet ainsi jusqu'à un certain point, et je suis fondé dans cette opinion par un grand nombre de faits. M. Berzelius nous apprend qu'il administra à grandes doses et successivement les acides sulfurique, phosphorique et acétique à un malade dont l'urine était alcaline et contenait de l'acide phosphorique; mais qu'il n'en obtint pas le moindre bon effet, jusqu'à ce que l'acide phosphorique eût été donné en quantité telle qu'il agît comme laxatif; alors « l'urine devint acide et déposa de l'acide urique; ce qui continua d'avoir lieu pendant tout le temps que

---

(1) Nous nous proposons de donner incessamment un extrait de son intéressant Mémoire. (R.)

dura l'effet laxatif, et pas au-delà, quoique la dose restât la même. ». Le Dr Marcet annonce aussi les remèdes alcalins « comme allégeant souvent l'irritation de la vessie et provoquant l'écoulement de l'urine, lors même que, d'après la composition chimique des concrétions, ces remèdes alcalins ne peuvent pas être employés comme dissolvans » (1). La magnésie aussi, dont il a été tant parlé, ne me semble produire un peu de bien qui puisse satisfaire que dans le cas où l'effet laxatif est assuré. Mais lorsque nous réfléchissons que toute urine (excepté les cas extrêmes de diabètes) contient à-la-fois l'acide urique et l'acide phosphorique, quoiqu'en même temps une seule des diathèses soit généralement prédominante, nous pouvons, en ne raisonnant ici que *chimiquement*, tirer la conclusion probable que l'administration des remèdes, soit acides, soit alcalins, peut être aussi-bien nuisible qu'elle peut produire un bon effet. Si, de plus, nous faisons entrer en considération la nature fantasque de la sécrétion, et les altérations fréquentes de ces deux diathèses dans le même sujet, par des causes qui nous sont inconnues, nous trouverons que c'est une tâche qui devient excessivement difficile, que celle d'appliquer convenablement le remède à la maladie, et la probabilité *chimique* sera qu'en définitive la maladie augmentera au lieu de diminuer. D'après ces circonstances et d'autres que je pourrais citer, je suis donc porté à ne considérer les remèdes chimiques que comme palliatifs, et à expliquer les bons effets qu'on

---

(1) *View of the present state of animal chemistry*, p. 107.

leur a attribués, plutôt par leur manière générale d'agir, que par leur action chimique. Mais je soumets avec la plus grande déférence cette opinion, de même que celles que j'ai énoncées plus haut, au jugement des médecins.

OBSERVATIONS *et Expériences sur le passage des gaz à travers des tubes.*

PAR M. FARADAY.

J'AI fait connaître, dans le 3me volume du *Journal de l'Institution royale* (1), des effets remarquables qui ont lieu lorsqu'on fait passer des gaz à travers des tubes à l'aide de faibles pressions. Ils consistent dans une inversion apparente des vitesses, c'est-à-dire, que les gaz qui se meuvent le plus vite lorsque la pression est forte, passent plus lentement à mesure qu'elle est diminuée, jusqu'à ce qu'ils se trouvent du nombre de ceux qui exigent le plus de temps pour traverser le tube : ainsi, par exemple, sous de fortes pressions égales, des volumes égaux d'hydrogène et de gaz oléfiant traversèrent le même tube dans les temps suivans :

Hydrogène en	57″;
Gaz oléfiant en	135″,5.

Tandis que des volumes égaux de ces deux gaz, soumis à de faibles pressions égales, mirent à traverser le même tube :

---

(1) Voyez *Ann. de Chim. et de Phys.* V. 298.

Hydrogène, 8′.15″;
Gaz oléfiant, 8′.11″.

Pareillement, des volumes égaux d'acide carbonique et d'oxide de carbone employèrent pour passer dans le même tube, sous de fortes pressions égales :

Oxide de carbone, 133″;
Acide carbonique, 156″,5.

Mais sous de faibles pressions :

Oxide de carbone, 11′.34″;
Acide carbonique, 9′.56″.

Ayant de nouveau porté mon attention sur ce sujet, je n'ai pu me rendre raison d'une manière satisfaisante de ces effets remarquables; néanmoins, comme les expériences ne tirent pas toujours leur prix de l'hypothèse par laquelle on les explique, je pense qu'il ne sera pas inutile de rapporter les observations que j'ai faites.

L'effet est toujours produit par un tube étroit à une faible pression; mais il ne paraît pas tenir au seul empêchement qu'apporte le tube au passage du gaz, et jamais sans tube je n'ai réussi à l'obtenir; car, ayant pratiqué dans une feuille de platine un très-petit trou d'aiguille, je la disposai sur un gazomètre à mercure, de manière que la pression d'une très-petite colonne de ce métal faisait sortir sept pouces cubiques des gaz suivans dans les temps ci-après, savoir :

Hydrogène, en 3′,8 environ, en prenant la moyenne.
Gaz oléfiant, 9′,2.

Et quand on augmenta la pression, le même rapport entre les temps d'écoulement continua à subsister. J'obtins le même résultat de plusieurs autres expériences.

De petites ouvertures que je fis avec le taillant d'un canif dans une feuille de platine, ne donnèrent pas à l'hydrogène une plus grande supériorité que celle citée plus haut, et la proportion changea avec différentes ouvertures; l'hydrogène passait encore le plus rapidement, et une différence de pression n'en apporta point dans les temps relatifs d'écoulement.

On plaça, à différentes parties du même tube, trois diaphragmes percés chacun d'un petit trou; mais alors on ne remarqua aucun effet particulier; l'hydrogène traversa le tube en 3',8, et le gaz oléfiant en 9',1.

On fit passer les gaz à travers des disques de papier, dont on augmenta à dessein le nombre, afin de multiplier les obstacles; la pression et la quantité du gaz restant constamment les mêmes. Les résultats que l'on obtint furent les suivans :

A travers un disque de papier à dessiner, 6,5 pouces cubes d'hydrogène passèrent en	7';
de gaz oléfiant en	18'.
A travers deux disques, l'hydrogène passa en	15',4;
le gaz oléfiant en	38',0.
A travers trois disques, l'hydrogène,	22',5;
le gaz oléfiant,	57',75.

Enfin, j'employai, pour obstruer le passage, un tube rempli de verre pilé. Le succès de cette expérience était d[illegible]arce qu'il était presque impossible qu'en re-

muant le tube, on ne fît pas en même temps mouvoir quelques particules de verre, et que conséquemment les circonstances ne fussent changées : cependant, en faisant passer les gaz l'un après l'autre, on obtint des résultats dont la moyenne donna :

Pour l'hydrogène, 3',4 ;
le gaz oléfiant, 4',7.

Il semblerait, d'après ces expériences, que ce n'est pas véritablement l'obstruction qui est la cause des effets que l'on observe, puisque quand on ne fait point usage de tubes, et qu'on les remplace par des obstacles qui retardent encore davantage, l'effet est détruit ; et comme la même ouverture ne produit pas de différence dans les résultats, soit que la pression soit forte ou faible, les variations dues à différentes ouvertures devraient probablement être aussi rapportées à quelque autre cause.

Je cherchai alors à reconnaître quelques-unes des circonstances relatives aux effets produits par les tubes. Je trouvai que ces effets ont lieu également dans des tubes de verre ou de métal ; et même un de ces derniers, au fond duquel on avait pressé un fil de fer, ne parut pas avoir une influence remarquable sur le passage des gaz. L'effet augmenta proportionnellement à la diminution de vitesse de l'écoulement ; ce qui a également lieu lorsque le retard de vitesse est dû à la diminution de pression, à l'allongement du tube, ou à la diminution de son calibre. On peut aisément s'assurer de ce fait en réunissant ensemble plusieurs tubes très-fins ; car alors on augmente, d'une part, l'effet particulier, et, de l'autre, on abrège le temps. Deux plans de cuivre furent appliqués l'un sur

l'autre ; l'on avait fait préalablement sur l'un d'eux quelques légères entailles de manière à former des tubes très-fins : le gaz oléfiant qu'on y fit passer traversa en 26′,2, et le gaz hydrogène en 32′,5.

Ayant pris trois tubes de verre de différens diamètres, on les coupa de manière qu'ils laissassent échapper des quantités à-peu-près égales d'hydrogène, dans un même temps et sous une même pression ; leurs longueurs se trouvèrent alors de 42, 10,5 et 1,6 pouces. Dans le plus long de ces tubes :

L'hydrogène passa en	3′,7,	et le gaz oléfiant en 2′,75 ;
Dans le second,	3′,5	2′,5 ;
Dans le plus petit,	3′,45	2′,8.

J'obtins toujours, dans plusieurs autres expériences, des résultats à-peu-près semblables lorsque la quantité de gaz qui s'écoulait dans un temps donné fut la même.

J'imaginai que la pesanteur spécifique des gaz pouvait bien avoir quelque influence constante ; mais il ne paraît pas que cela soit ainsi ; car l'oxide de carbone et le gaz oléfiant, qui ont à-peu-près la même densité, devraient donner des résultats analogues si les effets observés étaient dus à cette cause : or, c'est ce qui n'a pas lieu, puisque sept pouces cubiques d'oxide de carbone exigent 4,6 minutes pour passer à travers un tube que la même quantité de gaz oléfiant traverse, sous la même pression, en 3,3 minutes ; chacun de ces deux gaz avait été mis préalablement en contact avec de la chaux vive ; ajoutons que, dans les mêmes circonstances, l'oxigène a besoin de 5,45 minutes pour traverser le même tube.

Je plaçai trois jauges (*gauges*) dans différentes parties

d'un tube de dimensions telles que l'hydrogène et le gaz oléfiant le traversaient à-peu-près dans le même temps; les jauges n'opposaient aucune résistance à la pression du gaz dans les différentes parties du tube; cependant je ne pus apercevoir aucune différence entre l'effet des divers gaz.

Telles sont quelques-unes des circonstances qui produisent ces curieux effets. Que la vitesse des gaz dans leur passage à travers les tubes ait quelque rapport avec la pression qu'on exerce sur eux, cela n'a rien de particulier; mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que ce rapport varie pour un même gaz avec la pression, et que cette variation soit différente pour chaque espèce de gaz : ainsi, celui qui passera le plus aisément sous une faible pression aura le plus de peine à traverser quand celle-ci sera considérable.

On peut déduire des expériences faites sous une forte pression et en employant des obstacles, que la fluidité des gaz n'y a que peu ou même point d'influence; car, dans le seul cas où elle pourrait en avoir, les effets produits sont les mêmes quelle que soit la pression, et les gaz les moins denses s'écoulent dans le temps le plus court : ainsi, en comparant l'hydrogène au gaz oléfiant, et prenant pour unité le temps d'écoulement du premier, le temps du second sera, d'après les expériences ci-dessus, représenté par 2.38, 2.42, 2.4, 2.57, 2.46, 2.57; nombres qui diffèrent très-peu les uns des autres, quoique le temps, la pression, les obstacles et la quantité de gaz employé varient considérablement.

Les différences que le rapport de la vitesse à la pression présente dans différentes espèces de gaz ne sont point liées à la pesanteur spécifique, ou du moins je n'ai

pu découvrir une semblable relation. J'ai cité une expérience, ou plutôt la moyenne d'un grand nombre d'expériences sur l'oxide de carbone et le gaz oléfiant, dont le résultat est contraire à cette supposition; et dans d'autres faites sur l'acide sulfureux et le gaz ammoniaque, j'ai trouvé encore de plus grandes anomalies à la loi des densités.

Si l'on prend un tube assez fin et assez long, et qu'on le fasse traverser, sous une forte pression, par une quantité de gaz telle que le temps d'écoulement soit considérable, l'effet aura lieu, c'est-à-dire, que le temps d'écoulement variera pour différens gaz, mais non pas proportionnellement à leur densité : au contraire, si l'on coupe le tube de manière que les gaz s'échappent avec vitesse, alors les temps seront proportionnels à la densité. Maintenant, dans un long tube, la pression et la vitesse varieront dans toute sa longueur, de sorte que la première est la plus grande à l'extrémité inférieure, et la moindre à l'autre, tandis que la vitesse est la plus petite vers le réservoir, et la plus grande à l'autre extrémité; mais la raison qui fait augmenter ou diminuer la pression et la vitesse ne paraît pas être la même pour chaque espèce de gaz. A l'extrémité du long tube, le gaz oléfiant s'échappe plus rapidement que l'hydrogène, à égalité de pression dans le réservoir; mais si l'on vient à raccourcir le tube, et qu'on laisse la partie de ce tube dans laquelle seulement il existe de fortes pressions, alors la vitesse de l'hydrogène l'emportera sur celle du gaz oléfiant, et sera à celle-ci comme 4 ou 5 est à 2. Il semblerait, d'après cela, que, dans le long tube, la pression ou l'élasticité du gaz oléfiant diminue moins rapidement

que celle de l'hydrogène, ou que sa vitesse augmente plus vite.

Il serait peut-être possible de rendre raison de ces effets en supposant à chaque gaz un pouvoir expansif particulier auquel, s'il existe, certains tubes seraient plus favorables que d'autres. Ces expériences demandent à être répétées souvent, exigent beaucoup de temps, et je n'ai point encore pu m'y livrer d'une manière convenable : c'est pourquoi je m'abstiendrai d'entre-mêler les faits ci-dessus avec des notions incomplètes, et je tâcherai, à la première occasion favorable, d'ajouter ce qui manque à ce Mémoire (1).

RECHERCHES

Sur quelques points importans de la théorie de la chaleur.

Par MM. Petit et Dulong.

(Présentées à l'Académie des Sciences le 12 avril 1819.)

Les considérations fondées sur l'ensemble des lois relatives aux proportions des composés chimiques permettent maintenant de se former, sur la constitution

---

(1) Le Mémoire de M. Faraday laisse beaucoup à desirer. On regrette qu'il n'ait pas donné la longueur et le diamètre des tubes dont il a fait usage, ainsi que la pression des gaz pendant la durée de leur écoulement. On regrette aussi que sa rédaction soit quelquefois obscure. R.

des corps, des idées qui, quoiqu'arbitrairement établies dans plusieurs points, ne sauraient cependant être regardées comme des spéculations vagues et absolument stériles. Persuadés d'ailleurs que certaines propriétés de la matière se présenteraient sous des formes plus simples et se laisseraient exprimer par des lois plus régulières et moins compliquées si l'on pouvait les rapporter aux élémens dont elles dépendent immédiatement, nous avons essayé d'introduire dans l'étude de quelques-unes de ces propriétés qui paraissent plus intimement liées à l'action individuelle des molécules matérielles, les résultats les plus certains de la théorie atomistique. Le succès que nous avons déjà obtenu nous fait espérer non-seulement que ce genre de considérations pourra contribuer puissamment aux progrès ultérieurs de la physique, mais que la théorie corpusculaire, à son tour, en recevra un nouveau degré de probabilité, et qu'elle y trouvera des moyens sûrs de discerner la vérité entre des hypothèses également vraisemblables.

Parmi les propriétés de la matière auxquelles les considérations que nous venons d'indiquer sont applicables, nous choisirons d'abord, comme ayant plus spécialement fixé notre attention, celles qui dépendent de l'action de la chaleur. En dirigeant nos observations d'une manière convenable, nous avons été conduits à découvrir des rapports simples entre des phénomènes dont on n'avait pas encore aperçu la liaison; mais les points de vue nombreux sous lesquels ces phénomènes peuvent être envisagés, donnant aux recherches que nous avons entreprises une étendue qui ne permet pas

d'en embrasser en même temps toutes les parties, nous avons pensé qu'il serait utile de faire connaître dès à présent les résultats auxquels nous sommes déjà parvenus.

Ces premiers résultats sont relatifs aux chaleurs spécifiques. La détermination de cet élément important a été, comme l'on sait, l'objet des travaux de beaucoup de physiciens qui se sont, en général, efforcés d'étendre à un grand nombre de corps les méthodes qu'ils avaient ou imaginées ou perfectionnées. Plusieurs d'entre eux ont en outre essayé de confirmer, par leurs propres expériences, quelques conséquences déduites des idées qu'ils s'étaient formées sur la nature de la chaleur et sur son mode d'existence dans les corps. Ainsi, Irvine et Crawford, admettant que la quantité de chaleur contenue dans les corps est proportionnelle à leur capacité, en ont conclu que toutes les fois que la chaleur spécifique d'un composé se trouve plus grande ou moindre que la somme de celles de ses élémens, il doit se produire, au moment de la combinaison, une absorption ou un dégagement de chaleur. Mais ce principe qu'Irvine avait déjà appliqué aux circonstances qui accompagnent les changemens d'état d'aggrégation, et dont Crawford a fait la base de sa théorie de la chaleur animale, se trouve en opposition avec un trop grand nombre de faits pour pouvoir être adopté. Il en est de même d'une hypothèse très-ingénieuse proposée par M. Dalton. Suivant les idées de ce célèbre physicien, les quantités de chaleur unies aux particules élémentaires des fluides élastiques seraient les mêmes pour chacun d'eux. On pourrait donc, en partant de la connaissance du nombre des particules contenues dans un même poids ou dans un même

volume de différens gaz, calculer les chaleurs spécifiques de ces corps. C'est ce que M. Dalton a fait. Mais les nombres qu'il a obtenus, et ceux même qu'on déduirait de plusieurs autres hypothèses mieux fondées sur la constitution des gaz, s'éloignent tant des résultats de l'expérience, qu'il est impossible de ne pas rejeter le principe sur lequel reposent ces déterminations, que M. Dalton n'a d'ailleurs présentées que d'une manière purement théorique. Les tentatives faites jusqu'à ce jour, pour reconnaître quelques lois dans les chaleurs spécifiques des corps, ont donc été totalement infructueuses. On n'en sera point étonné si l'on fait attention à l'extrême inexactitude de la plupart des mesures; car, si l'on en excepte celles qui sont dues à MM. Laplace et Lavoisier, mais qui malheureusement sont bien peu nombreuses, et celles qui ont été prises par MM. Laroche et Berard, mais seulement pour des fluides élastiques, on est forcé de convenir que la plupart des autres sont extrêmement erronées, comme nos propres expériences nous l'ont appris, et comme on pouvait déjà le conclure de la grande discordance des résultats obtenus, pour les mêmes corps, par divers physiciens. Il n'est pas rare, par exemple, de rencontrer, dans les tables les plus accréditées, des nombres triples ou quadruples de ce qu'ils devraient être.

Notre premier soin a donc dû se porter sur tout ce qui pouvait contribuer à la précision des mesures que nous avions à prendre. Parmi les procédés consacrés à la détermination des capacités, ceux dans lesquels on emploie la fusion de la glace, ou le mélange des corps avec l'eau, peuvent sans doute, lorsqu'ils sont convenablement di-

rigés, conduire à des résultats fort exacts; mais le plus grand nombre des substances sur lesquelles il est indispensable d'opérer peuvent rarement être obtenues en masse suffisante pour que l'une ou l'autre de ces deux méthodes leur soit applicable. Il était donc nécessaire d'avoir recours à un moyen différent. Celui que nous avons adopté nous paraît réunir toutes les conditions desirables.

Ce procédé est fondé sur les lois du refroidissement. On sait, en effet, qu'il existe entre les vitesses de refroidissement de différens corps placés dans les mêmes circonstances, et les chaleurs spécifiques de ces mêmes corps, des relations à l'aide desquelles le rapport des capacités peut se déduire de celui des temps du refroidissement. La première application qu'on ait faite de ce principe est due à Mayer, qui s'est assuré que les capacités fournies par ce moyen s'éloignaient peu de celles qu'on obtient pour les mêmes substances, par la méthode des mélanges. M. Leslie, qui a adopté le procédé de Mayer, a de plus indiqué une précaution dont ce dernier ne soupçonnait pas l'importance : c'est celle de renfermer les corps sur lesquels on opère dans une enveloppe dont la nature soit toujours la même, afin d'éviter l'erreur qui proviendrait d'une inégalité dans le pouvoir rayonnant des surfaces. Mais, de toutes les causes d'incertitude, celle dont il est le plus important de se garantir, et à laquelle ni Mayer ni M. Leslie n'ont point eu égard, c'est celle qui résulte de l'inégale conductibilité des substances que l'on compare entre elles. L'influence de cette cause est d'autant moindre que le volume des corps qu'on emploie est plus petit, et que la déperdition de la

chaleur s'effectue plus lentement. C'est donc à remplir ces deux conditions qu'il faut s'attacher; mais elles paraissent difficiles à concilier, puisqu'en diminuant la masse d'un corps on augmente la vitesse avec laquelle sa chaleur se dissipe. Cependant, en s'efforçant de réunir toutes les causes qui, pour une masse donnée, contribuent à ralentir son refroidissement, on peut parvenir, ainsi que l'expérience nous l'a prouvé, à se placer dans des circonstances telles que les degrés différens de conductibilité des substances sur lesquelles on opère n'aient plus d'influence sensible sur la mesure des capacités.

Le premier moyen qui se présente, pour atteindre à ce but, consiste à ne commencer l'observation que lorsque la température du corps n'est plus élevée que de quelques degrés au-dessus de celle des corps environnans. Aussi toutes nos expériences ont-elles été faites dans un intervalle de température compris entre 10° et 5° d'excès sur le milieu ambiant. Il est alors indispensable d'apporter le plus grand soin dans la mesure des températures; car une erreur, même légère, dans leur évaluation, pourrait en occasionner de beaucoup plus graves dans le résultat définitif qu'on se propose d'obtenir. En opérant, comme nous l'avons fait, aux mêmes températures pour tous les corps, on évite les incertitudes qui pourraient tenir à la graduation du thermomètre; et en observant cet instrument avec une lunette microscopique d'un pouvoir amplifiant assez considérable, on est assuré de ne pas commettre d'erreur qui s'élève à plus d'un demi-centième de degré; ce qui ne produit sur la chaleur spécifique qu'une incertitude tout-à-fait négligeable. On sent d'ailleurs que toutes ces

précautions seraient illusoires si la température du milieu ambiant n'était pas rigoureusement la même dans tous les cas, et pendant la durée entière de chaque expérience. Or, cette condition était encore remplie ; car le corps était toujours plongé dans une enceinte à parois minces, noircies intérieurement, et recouvertes de toutes parts d'une couche épaisse de glace fondante.

A ce premier moyen de ralentir le refroidissement, sans faire perdre aux mesures la précision qu'elles doivent conserver, nous en avons joint un autre dont nous pouvions calculer l'influence par la connaissance des lois de la communication de la chaleur. Il résulte de ces lois que la vitesse du refroidissement d'un corps peut, toutes choses égales d'ailleurs, être considérablement diminuée lorsque sa surface ne possède qu'un pouvoir rayonnant très-faible, et qu'il est plongé dans un air extrêmement dilaté. Pour réaliser ces circonstances, nous nous sommes décidés à n'opérer sur les corps solides qu'après les avoir réduits en poudre très-fine. Dans cet état, ils étaient renfermés et fortement tassés dans un vase cylindrique d'argent fort mince, d'une très-petite capacité, et dont l'axe était occupé par le réservoir du thermomètre qui servait à indiquer la marche du refroidissement. Ce vase était ensuite placé au centre de l'enceinte, et l'on dilatait l'air contenu dans celle-ci jusqu'à une tension très-faible, de 2 millimètres environ, qu'on avait soin de reproduire exactement dans chaque cas.

A l'aide des précautions que nous venons de faire connaître, nous sommes parvenus à rendre très-lent, et, par suite, facile à observer avec précision, le refroidissement de masses fort petites. Pour donner une idée de

la limite que nous avons atteinte à cet égard, il nous suffira de dire que lorsque nous avons mesuré les capacités des corps les plus denses, tels que l'or et le platine, les masses sur lesquelles nous opérions n'excédaient pas 30 grammes, et que, dans les cas où le refroidissement était le plus rapide, sa durée était au moins de 15 minutes.

Il resterait maintenant à indiquer la formule qui sert à calculer les observations; mais les détails dans lesquels nous serions forcés d'entrer, sur la manière de faire les diverses corrections qui tiennent à la nature même du procédé, nous entraîneraient dans une discussion que nous nous réservons de reprendre quand nous publierons les résultats définitifs de toutes les expériences directes que nous avons entreprises à ce sujet. Nous n'ajouterons qu'une seule remarque; c'est qu'ayant comparé les chaleurs spécifiques ainsi obtenues, pour les substances les moins conductrices, avec celles que donnent la méthode des mélanges ou celle du calorimètre, l'accord remarquable des résultats nous a donné la preuve la plus convaincante de l'exactitude du procédé que nous avons adopté.

Nous allons maintenant présenter, dans un même tableau, les chaleurs spécifiques de plusieurs corps simples, en nous bornant toutefois à celles de ces déterminations sur lesquelles nous ne conservons plus de doute.

CHALEURS SPÉCIFIQUES (1).		POIDS RELATIFS des atomes (2).	PRODUITS du poids de chaque atome par la capacité correspondante.
Bismuth,	0,0288	13,30	0,3830
Plomb,	0,0293	12,95	0,3794
Or,	0,0298	12,43	0,3704
Platine,	0,0314	11,16	0,3740
Etain,	0,0514	7,35	0,3779
Argent,	0,0557	6,75	0,3759
Zinc,	0,0927	4,03	0,3736
Tellure,	0,0912	4,03	0,3675
Cuivre,	0,0949	3,957	0,3755
Nickel,	0,1035	3,69	0,3819
Fer,	0,1100	3,392	0,3731
Cobalt,	0,1498	2,46	0,3685
Soufre,	0,1880	2,011	0,3780

Pour mettre en évidence la loi que nous nous proposons de faire connaître, nous avons joint, dans le tableau précédent, aux chaleurs spécifiques des différens corps simples, les poids relatifs de leurs atomes. Ces poids se déduisent, comme on le sait, des rapports que l'on observe entre les quantités pondérales des substances élémentaires qui s'unissent entre elles. Le soin que l'on a mis depuis quelques années dans la détermination des proportions de la plupart des composés chimiques ne peut laisser que des incertitudes bien légères sur les données dont nous avons fait usage. Toutefois, comme il n'existe aucun moyen rigoureux de découvrir le nom-

(1) La chaleur spécifique de l'eau est prise pour unité.

(2) Le poids de l'atome d'oxigène est supposé égal à un.

bre réel d'atomes de chaque espèce qui entrent dans une combinaison, on conçoit qu'il doit toujours y avoir quelque chose d'arbitraire dans la fixation du poids spécifique des molécules élémentaires; mais l'indétermination qui en résulte ne porte au plus que sur deux ou trois nombres qui ont entre eux les rapports les plus simples. Les raisons qui nous ont dirigés dans notre choix seront suffisamment expliquées par ce qui va suivre. Nous nous bornerons pour le moment à dire qu'il n'est aucune des déterminations auxquelles nous nous sommes arrêtés qui ne soit d'accord avec les analogies chimiques les mieux établies.

On peut maintenant, au moyen des données contenues dans le tableau précédent, calculer facilement les rapports qui existent entre les capacités des atomes de diverse nature. Remarquons, à cet effet, que, pour passer des chaleurs spécifiques fournies par l'observation aux chaleurs spécifiques des particules elles-mêmes, il suffit de diviser les premières par les nombres de particules renfermés dans un même poids des substances que l'on compare. Or, il est clair que ces nombres de particules sont, pour des poids égaux de matière, réciproquement proportionnels aux densités des atomes. On arrivera donc au résultat cherché en multipliant chacune des capacités déduites de l'expérience par le poids de l'atome correspondant. Ce sont ces divers produits que l'on a réunis dans la dernière colonne du tableau.

La seule inspection de ces nombres donne lieu à un rapprochement trop remarquable par sa simplicité pour n'y pas reconnaître immédiatement l'existence d'une loi physique susceptible d'être généralisée et étendue à

toutes les substances élémentaires. En effet, les produits dont il s'agit, et qui expriment les capacités des atomes de différente nature, approchent tellement d'être égaux entre eux qu'il est impossible que les différences très-légères qu'on y remarque ne tiennent pas aux erreurs inévitables, soit dans la mesure des capacités, soit dans les analyses chimiques; surtout si l'on fait attention que, dans certains cas, les erreurs provenant de ces deux sources peuvent être dans le même sens, et par conséquent se trouver multipliées dans le résultat. Le nombre et la diversité des substances sur lesquelles nous avons opéré ne permettant pas de considérer comme simplement fortuite la relation que nous venons d'indiquer, on est autorisé à en conclure la loi suivante :

Les atomes de tous les corps simples ont exactement la même capacité pour la chaleur.

En se rappelant ce que nous avons dit précédemment sur le genre d'incertitude que comporte encore la fixation du poids spécifique des atomes, on concevra facilement que la loi que nous venons d'établir changerait d'énoncé si l'on adoptait, sur la densité des particules, une supposition différente de celle que nous avons admise; mais cette loi comprendra, dans tous les cas, l'expression d'un rapport simple entre les poids et les chaleurs spécifiques des atomes élémentaires; et l'on sent qu'ayant à choisir entre des hypothèses également vraisemblables, nous avons dû nous décider en faveur de celle qui établissait la relation la plus simple entre les élémens que nous comparions.

Quelle que soit, au reste, l'opinion qu'on adopte sur cette relation, elle pourra désormais servir de contrôle

aux résultats de l'analyse chimique, et, dans certains cas même, elle offrira le moyen le plus exact de parvenir à la connaissance des proportions de certaines combinaisons. Mais si, dans la suite de notre travail, aucun fait ne vient infirmer la probabilité de l'opinion que nous préférons maintenant, on y trouvera de plus l'avantage de fixer d'une manière certaine et uniforme les poids spécifiques des atomes de tous les corps simples qui pourront être soumis à des observations directes.

La loi que nous venons d'énoncer paraît être indépendante de la forme qu'affectent les corps, pourvu toutefois qu'on les considère dans les mêmes circonstances.

C'est au moins ce que l'on est fondé à conclure des expériences de MM. Laroche et Berard sur la chaleur spécifique des gaz. Les nombres qu'ils rapportent pour le gaz oxigène et le gaz azote ne diffèrent de ce qu'ils devraient être pour s'accorder rigoureusement avec notre loi, que d'une quantité inférieure aux erreurs probables dans ce genre d'expériences. Le nombre relatif au gaz hydrogène se trouve, il est vrai, un peu trop faible; mais en examinant avec attention toutes les corrections que les auteurs ont été obligés de faire subir aux données immédiates de l'observation, on reconnaît bientôt que la rapidité avec laquelle le gaz hydrogène se met en équilibre de température avec les corps environnans, comparativement aux autres fluides élastiques, a dû nécessairement porter, dans la détermination relative à ce gaz, une inexactitude dont ils n'ont pas cherché à se garantir; et en évaluant autant qu'il est possible cette cause d'erreur, on explique la différence dont il s'agit

sans être obligé de faire aucune supposition forcée.

La loi des chaleurs spécifiques une fois constatée pour les substances élémentaires, il devenait très-important d'envisager sous le même point de vue la chaleur spécifique des corps composés. Notre procédé s'appliquant indifféremment à toutes les substances, quelle que soit leur conductibilité ou leur état d'aggrégation, nous avons pu soumettre à ce genre d'épreuve un assez grand nombre de corps dont les proportions peuvent être regardées comme invariablement fixées; mais quand on cherche à remonter de ces déterminations à celle de la chaleur spécifique de chaque atome composé, par une méthode analogue à celle que nous avons indiquée plus haut pour les corps simples, on se trouve bientôt arrêté par le nombre de suppositions également vraisemblables entre lesquelles il faut choisir. En effet, si jusqu'à présent la fixation du poids spécifique des atomes simples n'a pu être soumise à une règle certaine, à bien plus forte raison celle du poids des atomes composés a-t-elle été déduite de suppositions purement arbitraires. Mais au lieu d'ajouter nos propres conjectures à celles qui ont déjà été avancées sur ce sujet, nous aimons mieux attendre que le nouvel ordre de considérations que nous venons d'établir ait pu être appliqué à un assez grand nombre de corps, et dans des circonstances assez variées pour que l'opinion que nous adopterons puisse être fondée sur des raisons péremptoires. Nous nous contenterons de dire qu'en faisant abstraction de toute supposition particulière, les observations que nous avons faites jusqu'ici tendent à établir cette loi très-remarquable, savoir : qu'il existe toujours un rapport très-simple entre la capa-

cité des atomes composés et celle des atomes élémentaires.

Nous pouvons encore déduire de nos recherches une autre conséquence très-importante pour la théorie générale des actions chimiques : c'est que les quantités plus ou moins grandes de chaleur qui se développent au moment de la combinaison des corps n'observent aucun rapport avec la capacité des élémens, et que, dans le plus grand nombre de cas, cette perte de chaleur n'est suivie d'aucune diminution dans la capacité des composés qui en résultent. Ainsi, par exemple, la combinaison de l'oxigène avec l'hydrogène, ou du soufre avec le plomb, qui produit une si grande quantité de chaleur, n'entraîne pas plus d'altération, dans les capacités de l'eau et du sulfure de plomb, que la combinaison de l'oxigène avec le cuivre, le plomb, l'argent, ou du soufre avec le charbon, n'en apporte dans les capacités des oxides de ces métaux ou du soufre carburé.

Il serait bien difficile de concilier ces faits avec les idées généralement reçues sur la production de la chaleur dans les phénomènes chimiques ; car, pour cela, il faudrait admettre la supposition trop invraisemblable que la chaleur existe dans les corps sous deux états très-différens, et que celle qu'on regarde comme unie aux particules matérielles est entièrement indépendante des chaleurs spécifiques. Au surplus, il y a tant de vague et d'incohérence dans les explications relatives au genre de phénomène dont nous parlons ; il règne, à cet égard, des opinions si diverses, que l'on ne saurait les soumettre à une discussion régulière ni en faire une réfutation complète. Toutefois il ne sera peut-être pas inutile de rappeler en peu de mots les principaux faits et les induc-

tions qui se rattachent à cette partie importante de la science.

De toutes les actions chimiques considérées comme sources de chaleur, on n'a connu jusqu'à ces derniers temps que la combustion. Il serait par conséquent inutile de rechercher une théorie plausible de ce mode de production de la chaleur avant l'époque marquée par les mémorables travaux de Lavoisier. Cet illustre chimiste ayant plus particulièrement étudié l'action de l'oxigène à l'état de gaz, il se forma, sur la cause du phénomène dont il s'agit, une opinion qui lui fut naturellement suggérée par les observations de Black sur la chaleur latente. De là, l'idée que la chaleur dégagée pendant la combustion provient du changement d'état de l'oxigène. La détermination qu'il fit, conjointement avec M. de Laplace, des quantités de chaleur développées par la combustion de quelques substances, lui parut fournir un argument puissant en faveur de ses conjectures. En effet, l'expérience montra qu'une même quantité d'oxigène, en se combinant successivement avec le phosphore, l'hydrogène et le charbon, dégage plus de chaleur dans le premier cas que dans le second, et plus dans le second que dans le troisième : or, c'est ce que l'on aurait pu prévoir, d'après la théorie, puisque le résultat de la première combustion est solide, celui de la seconde liquide ; et enfin, celui de la troisième gazeux. Mais en considérant que les deux élémens qui concourent à la formation de l'eau perdent l'un et l'autre l'état de gaz, et que néanmoins la chaleur développée est encore inférieure à celle qui résulte de la combustion du phosphore naturellement solide, on fut contraint d'admettre que le ca-

lorique latent de l'oxigène devait être supérieur à celui des autres fluides élastiques. Une autre difficulté se présenta bientôt après. L'acide nitrique dans lequel l'oxigène a déjà perdu la forme de fluide élastique, bien plus, le nitre qui est à l'état solide, produisent, lors de leur décomposition par les corps combustibles, des quantités de chaleur qui diffèrent peu de celle que donnerait un poids d'oxigène gazeux égal à celui qu'ils renferment. Cette observation, qui aurait déjà dû faire naître des doutes sur l'exactitude de l'explication primitive, en fit seulement restreindre la généralité. On supposa dès-lors que, dans certaines combinaisons, l'oxigène pouvait retenir une dose de chaleur presque aussi forte que celle qui le constitue à l'état de fluide élastique. Quelques faits postérieurement observés semblaient même ne pouvoir s'expliquer, dans cette théorie, qu'en admettant que l'oxigène engagé dans certaines combinaisons retenait une quantité de chaleur supérieure à celle qu'il contient à l'état libre. Telles sont les détonations produites par les mélanges de chlorate de potasse avec divers combustibles, ou les explosions spontanées de l'euchlorine de M. Davy, du chlorure et de l'iodure d'azote.

On a ensuite étendu cette explication à toutes les combinaisons, et l'on a regardé comme un principe suffisamment établi, qu'un même corps, en se combinant avec un certain nombre d'autres, pouvait abandonner une partie plus ou moins considérable de sa chaleur propre, selon que, dans chaque cas, les divers degrés d'affinité des élémens en contact déterminaient un rapprochement plus ou moins intime entre leurs molécules. C'est le degré, essentiellement variable, de ce rappro-

chement que l'on a désigné par le mot de *condensation* si fréquemment employé dans le langage de la chimie.

Telle est la théorie à-peu-près généralement adoptée en France. Quelques chimistes étrangers en ont signalé l'inexactitude, et l'ont modifiée en plusieurs points, mais sans apporter aucune preuve rigoureuse, soit contre l'opinion qu'ils combattaient, soit à l'appui de celle qu'ils voulaient lui substituer.

On voit donc que les diverses explications relatives au développement de la chaleur dans les combinaisons chimiques se réduisent à de simples assertions dérivées de la première hypothèse de Lavoisier. Il y a lieu de s'étonner que depuis l'époque où cette doctrine a pris naissance, on ne l'ait pas soumise à des épreuves plus sévères, et qu'on n'ait pas même tiré des résultats déjà connus tous les argumens qu'ils pouvaient fournir contre elle. Nous pensons que les relations que nous venons d'indiquer entre les chaleurs spécifiques des corps simples et celles de leurs composés ne permettent plus de supposer que la chaleur développée par les actions chimiques ne doive son origine qu'à la chaleur qui produit les changemens d'état, ou à celle qu'on regarde comme combinée avec les molécules matérielles. On est d'autant plus fondé à rejeter cette hypothèse absolument gratuite que l'on peut expliquer ce phénomène d'une autre manière beaucoup plus satisfaisante.

En effet, M. Davy a prouvé depuis long-temps qu'en faisant communiquer les deux poles d'une pile voltaïque par un morceau de charbon placé dans un gaz impropre à la combustion, on pouvait entretenir ce corps dans un état de violente ignition aussi long-temps que la pile

reste en activité, et sans que le charbon éprouve la moindre altération chimique. D'un autre côté, on est autorisé à conclure du grand nombre d'expériences galvaniques faites par MM. Hisinger et Berzelius, et de celles de M. Davy, que tous les corps qui se combinent se trouvent, l'un par rapport à l'autre, au moment de la combinaison, précisément dans les mêmes conditions électriques que les deux poles d'une pile. N'est-il donc pas probable que la même cause qui produit l'incandescence du charbon, dans la belle expérience que nous venons de citer, est aussi celle qui élève plus ou moins la température des corps pendant l'acte de la combinaison ? C'est du moins un rapprochement fondé sur les plus fortes analogies, et qui mérite d'être suivi dans toutes ses conséquences.

Nous sommes loin de prétendre, toutefois, que les changemens de constitution qui sont le résultat des combinaisons chimiques n'aient aucune part dans le développement de la chaleur qui les accompagne ; nous voulons dire seulement que, pour les combinaisons très-énergiques, cette cause ne produit, en général, qu'une très-petite partie de l'effet total.

Nous ne saurions passer sous silence, en terminant ce Mémoire, une autre application très-importante à laquelle conduirait la connaissance exacte du poids spécifique des atomes. Si, comme nous avons tout lieu de l'espérer, nous parvenons, au moyen des considérations précédentes, à déterminer cet élément avec certitude, on pourra, en partant des densités propres des corps, calculer les rapports qui existent entre les distances de leurs atomes : or, on conçoit facilement de quelle im-

portance il serait, dans un grand nombre de théories physiques, de pouvoir établir une comparaison entre les distances des particules et certains phénomènes, qu'il est naturel de supposer liés à ce nouvel élément. C'est, par exemple, en envisageant sous ce point de vue la question des dilatations, que l'on peut espérer d'arriver à des lois simples, qui sont encore entièrement inconnues. Quelques essais tentés sur les observations de divers physiciens, et sur quelques autres que nous avions faites dans une intention différente, nous font regarder comme très-probable qu'il existe une relation simple entre les dilatabilités des liquides et les distances de leurs particules. La belle observation de M. Gay-Lussac sur l'identité des contractions du soufre carburé et de l'alcool, à partir de leurs points respectifs d'ébullition, vient encore à l'appui de notre opinion; car ces deux liquides présentent cette particularité remarquable, qu'aux températures où on les a comparés, les distances entre leurs molécules sont presque exactement les mêmes; mais avant de donner aucune suite aux recherches qui peuvent être entreprises sur ce sujet, il est absolument indispensable d'avoir éclairci autant qu'elle peut l'être la question des chaleurs spécifiques, et d'en avoir déduit toutes les conséquences auxquelles elle peut conduire relativement à la connaissance de la constitution des corps.

Rapport *sur l'état des manuscrits sur papyrus trouvés à Herculanum.*

Par Sir Humphry Davy.

Traduit par M. Anatole-Riffault.

Ayant été témoin de tentatives faites par le Dr Sichler pour dérouler quelques manuscrits d'Herculanum, je m'imaginai qu'un examen chimique de leur nature et des changemens qu'ils avaient éprouvés, pourrait offrir des données certaines sur les meilleures méthodes à essayer pour séparer les feuilles les unes des autres, et rendre les caractères lisibles. Sir Thomas Tyrwhitt, à qui je fis part de cette idée, mit obligeamment à ma disposition plusieurs fragmens de manuscrits sur lesquels M. Hayter et le Dr Sichler avaient opéré, et j'en reçus aussi quelques-uns du Dr Young, qui avait lui-même tenté de les développer.

Je fus bientôt convaincu, par mes expériences, que l'on avait méconnu la nature de ces manuscrits; qu'ils n'avaient pas, comme on le suppose ordinairement, été carbonisés par l'opération du feu, et qu'ils se trouvaient dans un état analogue à une sorte de tourbe, leurs feuilles étant, en général, réunies en une seule masse par une substance particulière, produite, dans une longue suite de siècles, par la fermentation et les changemens chimiques de la matière végétale dont elles se composent. Dès que la nature de cette substance fut bien connue, elle devint le but de mes recherches chimiques, et je fus assez heureux pour réussir dans mes

tentatives, sans attaquer les caractères ou la contexture des manuscrits.

Après qu'elles eurent subi l'opération chimique, les feuilles du plus grand nombre des fragmens se séparèrent parfaitement les unes des autres, et les caractères grecs se montrèrent avec beaucoup de netteté. Je trouvai cependant deux fragmens dans des états particuliers : les feuilles du premier se séparèrent avec facilité ; mais sur leurs plis extérieurs, les caractères étaient entièrement effacés, et sur les plis intérieurs ils l'étaient en partie. Dans le second, les caractères étaient lisibles sur les feuilles que l'on parvint à soulever ; mais une matière terreuse, une espèce de tuf, s'opposa à leur séparation dans plusieurs parties : ces circonstances étaient évidemment l'une et l'autre les résultats des agens auxquels ont été exposés ces manuscrits pendant ou après l'éruption volcanique qui les a ensevelis.

Il semblerait probable, d'après ces faits, que certains manuscrits se trouvent dans un état différent des autres, et que par conséquent on ne peut appliquer à tous le même procédé ; mais un succès, même partiel, serait un grand pas de fait, et mes résultats me firent desirer d'examiner en détail la collection nombreuse conservée dans le muséum de Naples. Ayant eu l'honneur de donner connaissance au Prince-Régent de plusieurs de mes résultats, Son Altesse royale m'exprima gracieusement son desir de me voir continuer mes expériences, et, à mon arrivée à Naples, j'appris qu'une lettre de Son Altesse royale adressée au Roi, et communiquée par le très-honorable Secrétaire d'Etat au département des affaires étrangères du Gouvernement napolitain, avait tout

préparé pour mes recherches, et je dois à une protection si nécessaire toutes les facilités possibles qu'on me procura de poursuivre mon objet.

J'examinerai en premier lieu, dans ce rapport, dans quelles circonstances les manuscrits ont été ensevelis et les actions auxquelles ils ont été exposés, ce qu'il sera aisé de reconnaître d'après l'état où ils ont été trouvés. Je décrirai ensuite cet état, et considérerai les moyens employés jusqu'à présent pour les développer, ainsi que les secours que les procédés chimiques semblent devoir fournir dans ces recherches. Je présenterai, en dernier lieu, quelques idées sur la nature des ouvrages que l'on peut s'attendre à trouver parmi ces restes mutilés et imparfaits de la littérature ancienne.

L'examen des excavations qui restent encore ouvertes à Herculanum me confirma aussitôt dans l'opinion que j'avais conçue, que le feu n'avait point agi sur les manuscrits. Ces excavations sont dans un tuf peu compacte, composé de cendres volcaniques, de sable et de fragmens de lave imparfaitement cimentés par une matière ferrugineuse et calcaire. Le théâtre et les bâtimens voisins sont encaissés dans ce tuf, et, d'après la manière suivant laquelle il est déposé dans les galeries des maisons, il est presque hors de doute qu'il fut le résultat de torrens chargés de sable et de matières volcaniques se précipitant, dans le même même instant, avec des tourbillons de cendres et de pierres plus abondans encore que ceux qui ont enseveli Pompeïa. L'excavation faite dans la maison où l'on a trouvé les manuscrits a été comblée, ainsi que je l'ai appris par Monsign. Rosini; mais un bâtiment que les guides disent être cette maison,

et qui, comme cela est évident d'après le plan gravé, doit lui avoir été contigu, et une partie de cette même rangée de bâtimens, m'offraient les preuves les plus certaines que les parties les plus voisines de la surface, et, *à fortiori*, celles qui en sont les plus éloignées, n'ont jamais été exposées à aucun degré considérable de chaleur. Je trouvai même dans une des chambres un fragment de plafond contenant des filets d'or en feuilles et de vermillon dans un état nullement altéré; ce qui ne serait certainement pas arrivé s'ils avaient été soumis à un degré de chaleur suffisant pour convertir la matière végétale en charbon.

L'état des manuscrits est exactement d'accord avec cette opinion : ils étaient probablement sur des tablettes de bois qui furent brisées lorsque les toits des maisons s'affaissèrent sous la masse qui les comprimait; c'est pourquoi les uns furent écrasés et enveloppés dans un état encore humide; les feuilles de quelques autres furent comprimées ensemble dans une direction perpendiculaire, et tous furent mêlés dans deux amas confus. Dans cet état, les manuscrits extérieurs et la partie extérieure des manuscrits doivent avoir été attaqués par l'eau; et comme l'encre des anciens était composée de charbon pulvérisé tenu en suspension dans une solution de colle forte ou de gomme, les caractères furent plus ou moins effacés par-tout où l'eau filtrait continuellement.

L'humidité, par son action sur la matière végétale, la décompose, ainsi qu'on peut le voir dans les tourbières à tous leurs degrés de formation. Lorsque l'air et l'eau agissent simultanément sur les feuilles ou quelques petites fibres végétales, elles ne tardent pas

à passer au brun, puis au noir; et par l'action de l'air long-temps continuée, même à la température ordinaire, le charbon lui-même est détruit, et il ne reste que les terres qui entraient dans la composition de la substance végétale. Quand le végétal n'est point exposé à l'humidité ou à l'air, sa décomposition est bien plus lente; mais, dans une longue suite de siècles, ses élémens réagissent graduellement les uns sur les autres, les principes volatils se dégagent et la matière carbonacée reste seule.

Le plus grand nombre des manuscrits, ceux qui probablement furent le moins exposés à l'humidité ou à l'air (car, jusqu'à ce que le tuf ait été consolidé, il a donné passage à ce fluide), sont de couleur brune, et contiennent encore quelques traces de leur substance volatile ou de matière extractive, qui est la cause de l'adhésion des feuilles. D'autres sont presque entièrement convertis en charbon, et quand leur forme est convenable, on peut aisément séparer les feuillets les uns des autres par des moyens mécaniques. Il y en a enfin un petit nombre, et ce sont spécialement les parties superficielles et qui furent probablement le plus en contact avec l'eau et l'air, dont il ne reste guère que les bases terreuses, parce que le charbon des caractères et celui de la matière végétale ont été détruits : ces manuscrits sont alors à-peu-près dans le même état que ceux trouvés à Pompeïa, où l'air, pénétrant continuellement à travers des cendres peu serrées et qui n'offraient point, comme dans Herculanum, une barrière de tuf solide qui s'opposât à son passage, a entièrement détruit toute la partie carbonacée du papyrus, et n'a laissé qu'une matière terreuse. Quatre ou

cinq échantillons que j'examinai étaient pesans et denses; comme les fragmens dont j'ai parlé au commencement de ce rapport; il se trouvait entre les feuilles et à travers les pores de la substance carbonacée des manuscrits, une quantité considérable d'une matière terreuse étrangère, évidemment déposée pendant l'opération qui a fait consolider le tuf.

J'ai appris de M. Ant. Scotti qu'on fait monter à 1696 le nombre des manuscrits et des fragmens qui ont été originairement apportés au Muséum; on en a déroulé 88, que l'on a trouvés dans un état lisible: de 319 sur lesquels on a opéré et dont on a déroulé plus ou moins, on n'en a pu lire aucun; 24 ont été offerts à divers souverains.

Parmi les 1265 restant, et que j'ai examinés avec attention, le plus grand nombre consiste en petits fragmens, ou en manuscrits écrasés ou mutilés, dont les plis sont si irréguliers qu'il y a peu d'espoir de les séparer assez bien pour en former des feuilles entières; il y en a 80 à 120 dans un état qui présente de grandes probabilités de succès, et parmi ceux-ci, le plus grand nombre est d'une substance où il reste encore quelque matière végétale volatile, et auxquels les procédés chimiques indiqués au commencement de ce rapport peuvent être appliqués avec le plus grand espoir de réussir.

On n'a adopté, dans le Muséum de Naples, qu'une seule méthode pour dérouler les manuscrits, et son invention ne remonte pas au-delà de la moitié du siècle dernier: cette méthode est extrêmement simple; elle consiste à fixer sur l'extérieur du manuscrit, au moyen

d'une solution de colle de poisson, de petits mor
de peau de batteur d'or (*gold-beater's skin*). On
sécher la dissolution; on enlève ensuite, à l'aide
fil mu par des vis en bois, le morceau de peau qu
porte avec lui et sépare du reste du manuscrit le fe
auquel il est adhérent. Cette méthode a l'avantage
extrêmement sûre; mais en même temps elle est
longue; car elle exige trois ou quatre jours pour
lopper une simple colonne de manuscrit. De
elle n'est applicable qu'à ceux qui n'ont point entre
feuillets de matière glutineuse, et on est presque
jours obligé de l'abandonner quand on opère s
classe de manuscrits qu'on a trouvé être à carac
romains, et dont la texture des feuilles est beau
plus épaisse. Ce procédé exige encore une certaine
larité dans la surface du manuscrit.

Les personnes à qui on a confié le soin de dér
les manuscrits dans le Muséum m'ont appris qu'on
déjà fait, à différentes époques, un grand nombre d'e
chimiques qui, à la vérité, facilitaient la séparatio
feuilles, mais qui détruisaient toujours les caract
Pour leur prouver que cela n'avait pas lieu avec ma
thode, je fis devant eux deux expériences, l'une su
fragment brun d'un manuscrit grec, l'autre su
fragment semblable d'un manuscrit latin dont les fe
étaient fortement adhérentes entre elles. Dans les
cas, la séparation des feuilles fut complète, et en
minant les caractères, ils les trouvèrent plus nets q
paravant.

Je ne jugeai pas convenable de communiquer en d
ma méthode aux opérateurs du Muséum; car, bien qu

soit extrêmement simple, elle demande cependant à être exécutée avec soin, et à être dirigée par un manipulateur adroit et familiarisé avec la science de la chimie. Le seul motif qui m'a déterminé à la publier, c'est l'espoir de la faire servir d'une manière sûre et générale pour une entreprise qui, sans une pareille méthode, semblait léguée à la postérité ou aux âges futurs.

J'apportai avec moi, à Rome, plusieurs fragmens de manuscrits grecs et un de manuscrit latin, et les expériences que j'ai entreprises sur eux me font espérer qu'au moyen d'une modification dans mon procédé, on facilitera considérablement la séparation des feuilles, même lorsqu'elles ne sont pas adhérentes, et que, par une seconde modification, on le rendra applicable aux manuscrits contenant des matières terreuses et dont les lettres ne sont pas détruites.

Tout ce que j'ai vu et fait me confirme dans l'opinion que les ressources de la chimie sont, dans un grand nombre de cas, applicables à ce travail; mais il faut toujours se rappeler qu'après la séparation des feuillets on doit apporter un grand soin, une grande délicatesse dans les opérations mécaniques, et qu'il faut employer beaucoup de temps pour les préserver, les fixer sur une base convenable, et enfin les lire et les copier; car, lors même que les feuilles sont dans leur état le plus parfait, elles ne tardent pas à devenir de simples couches de matière carbonacée, sur laquelle le charbon des caractères ne se distingue que par sa différence d'éclat ou une nuance de couleur.

Jusqu'à présent on n'a point tenté d'examiner en détail, par une marche systématique, tous les manuscrits qui

renferment des caractères, pour reconnaître s'ils sont réellement dignes du travail qu'exigent leur déroulement et leur conservation ; il est bien évident cependant que cette marche serait la meilleure et la plus utile à suivre. On trouve, en général, le nom de l'auteur dans la dernière feuille développée ; mais il suffirait à un savant de lire deux ou trois colonnes pour juger de la nature de l'ouvrage, et en déroulant un seul pli, on pourrait déterminer si c'est de la prose, des vers, de l'histoire, de la médecine ou de la morale. D'après cela, en chargeant un savant grec de diriger les recherches, en confiant à une personne habile la partie chimique de l'opération, et à quinze ou vingt personnes le soin du travail mécanique du développement et de la copie, il y a tout lieu de croire qu'en moins de douze mois, et sans dépenser au-delà de 60 à 75 mille francs, on parviendrait à connaître tout ce qui mérite d'être conservé dans la collection, et l'on saurait au juste ce que l'on peut se promettre dans la suite.

Il n'est pas douteux que les 407 manuscrits qui ont été plus ou moins parfaitement déroulés furent choisis comme les plus convenables pour les essais, et c'était probablement les plus parfaits ; de sorte que parmi les 100 ou 120 qui restent encore dans un état propre aux épreuves, on ne peut raisonnablement s'attendre, même en donnant la supériorité à ma méthode, à en trouver une beaucoup plus grande proportion qui soit lisible. Les 88 manuscrits renfermant des caractères sont généralement, à l'exception d'un petit nombre de fragmens dans lesquels on a trouvé quelques lignes de poésie latine, des ouvrages de philosophes ou de sophistes grecs ;

trente-deux portent le nom de *Philodémus*; il y en a neuf d'Epicure, trois de Démétrius, et un de chacun des auteurs Colotes, Polystrate, Carniades et Chrysippus. Ces ouvrages, et plusieurs autres dont les auteurs sont inconnus, traitent de philosophie naturelle ou morale, de médecine, de critique, et d'observations générales sur les arts, la vie et les mœurs.

Il est possible que quelques-uns des ouvrages célèbres de l'antiquité perdus depuis long-temps soient encore ensevelis dans cette collection; mais il est plus probable qu'elle ne consiste en totalité qu'en ouvrages de sophistes grecs et de poètes romains, qui furent leurs admirateurs. Cependant, quand on se rappelle que Lucrèce était épicurien, on peut s'abandonner à l'espoir de découvrir quelques livres latins; mais malheureusement cet espoir est bien diminué par l'état délabré et mutilé où ils se trouvent; car il n'est pas au pouvoir de la chimie de suppléer aux caractères qui manquent, ou de rétablir ce qui est mécaniquement détruit.

Quoi qu'il arrive, la connaissance des matières contenues dans le reste de la collection peut donner des détails curieux et utiles relativement à l'état de la société, de la littérature, des sciences et des arts, chez les anciens, et particulièrement dans les colonies grecques de la Grande-Grèce et de la Sicile, qui, à une certaine époque, rivalisèrent de civilisation et de gloire avec leurs illustres métropoles; et quand il ne s'agit que d'une si faible dépense, cette recherche n'est pas assurément indigne de fixer l'attention d'un gouvernement éclairé. C'est à la généreuse protection de Son Altesse royale le Prince-Régent qu'on doit presque tout ce qui a été

fait jusqu'à présent; et dans les heureuses relations qui, dans ces temps prospères, unissent entre eux les Gouvernemens anglais et napolitain, on pourrait poursuivre ces recherches avec toute espérance de les voir couronner par un plein succès. Ces manuscrits n'ont pas, ainsi que les ouvrages d'art, une valeur externe : tant qu'ils resteront dans le Muséum sans être travaillés, on ne peut les considérer que comme des masses de matière végétale décomposée, et la seule gloire, le seul usage qu'on puisse retirer de leur possession consiste à faire connaître ce qu'ils contiennent au monde lettré (1).

Rome, 12 février 1819.

---

(1) Il est très-probable que plusieurs manuscrits de la collection d'Herculanum, dont les auteurs ne sont pas nommés par les écrivains grecs ou romains, ont été composés par des naturels de la Grande-Grèce. De tels ouvrages ne pouvaient être négligés dans une collection faite dans la Grande-Grèce; et dans des villes telles que Tarente, Crotone, Posidonie, Pompeïa, etc., l'état de la civilisation suppose une grande activité tant dans la littérature que dans les sciences; les seules écoles de Pythagoras et d'Architas doivent avoir produit de nombreux ouvrages.

Sur *le Chlorure de chaux (muriate oxigéné de chaux)*.

Par Thomas Thomson.

(*Annals of Philosophy*. XIII. 182.)

M. Thomson a fait ses expériences sur du chlorure de chaux de la fabrique de M. Tennent (1). Il les a entreprises principalement dans l'intention de fixer son opinion sur la nature de ce composé, qui lui paraissait encore très-incertaine. Le chlorure de chaux récemment préparé paraît entièrement sec au toucher. 100 parties de cette substance, traitées par l'eau, ont laissé un résidu de chaux dont le poids, évalué d'après celui du sulfate qu'il a formé, était de 23,36.

La partie du chlorure que l'eau avait dissoute était alcaline. Pour obtenir la chaux qui était libre, et celle qui était combinée avec le chlore, on a décomposé la dissolution par l'acide sulfurique. Le sulfate de chaux formé pesait 63,0, représentant 26,46 de chaux. Une autre dissolution obtenue de 100 parties de chlorure de chaux, ayant été mêlée avec du nitrate d'argent, a donné 110 parties de chlorure d'argent renfermant 27,12 de chlore, auxquelles correspondent 21,84

---

(1) M. Tennent prépare, par jour, plus de trois mille kilogrammes de chlorure de chaux. Il est étonnant que son usage ne soit pas plus répandu en France : il remplacerait cependant avec avantage l'eau de javelle et la dissolution de chlore dans une foule de circonstances.

de chaux. Par conséquent, la chaux libre dans la dissolution était égale à 26,46 moins 21,84 = 4,62, et la poudre de chlorure est composée de la manière suivante :

Chlore	27,12 ;
Chaux combinée avec le chlore.	21,84 ;
Chaux non combinée	27,98 ;
Eau et impuretés	23,06.
	100,00.

La chaux non combinée surpasse ici la chaux combinée avec le chlore. M. Dalton, dans une analyse de la même substance, mais par un procédé différent, avait obtenu un résultat contraire.

Pour déterminer dans quel état le chlore se trouve combiné avec la chaux, M. Thomson a distillé le muriate oxigéné de chaux : il en a retiré beaucoup d'oxigène, et le résidu, qui n'avait plus la propriété de détruire les couleurs végétales, était du muriate de chaux ordinaire. Cette expérience prouve, suivant M. Thomson, que la poudre à blanchir de M. Tennent est réellement un chlorure de chaux, comme on l'a supposé jusqu'à présent. Elle montre en outre que pendant la préparation de cette poudre il est nécessaire d'empêcher que la température ne s'élève trop ; car, si cela avait lieu, le chlorure de chaux se changerait en chlorure de calcium, qui n'a pas la propriété de détruire les couleurs.

Remarques du Traducteur. L'analyse précédente indique au plus comment était composée la poudre de

M. Tennent; mais on n'en peut point conclure la véritable proportion dans laquelle le chlore se combine avec la chaux, ni même l'état de la combinaison. M. Welter a fait voir (*Ann. de Chim. et de Phys.* VII. 383) que lorsqu'on sature de chlore l'hydrate de chaux sec, il se forme un demi-chlorure. Cette combinaison, traitée par l'eau, se divise en deux parties : celle qui se dissout contient tout le chlore et une portion de la chaux, et celle qui ne se dissout pas est de la chaux pure. Comme on ne peut douter que toute la chaux ne fût réellement combinée avec le chlore, M. Welter a admis que la partie soluble dans l'eau était un chlorure, et il a regardé comme très-probable qu'elle contenait deux fois plus de chlore que le chlorure sec.

Quant à l'état de la combinaison du chlore avec l'oxigène, M. Berthollet a montré depuis bien des années, et plusieurs chimistes l'ont confirmé depuis, que le chlore se combine avec les bases, et qu'il en résulte des chlorures d'oxide qui ne se changent en chlorates d'oxide et en chlorures métalliques que par la force de la cristallisation. M. Berthollet en avait donné pour preuve que si l'on prend deux portions égales de dissolution de chlore, et qu'on ajoute à l'une d'elles de la chaux ou de la potasse, elles détruisent chacune exactement la même quantité de matière colorante. Cette preuve est concluante; car les chlorures métalliques et les chlorates ne détruisent point les couleurs; mais celle de M. Thomson ne l'est en aucune manière. Supposons, en effet, que le chlore, en se combinant avec la chaux, ait produit du chlorure de calcium et du chlorate de chaux, il est évident que, par la distillation, on obtiendra pré-

cisément la même quantité d'oxigène que s'il ne se fût formé que du chlorure de chaux.

L'existence des chlorures d'oxide ne peut plus être révoquée en doute : il en est de même de celle des sulfures, des phosphures, etc., malgré l'opinion d'un chimiste justement célèbre.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 5 avril 1819.

M. ROQUETTE DE KERGUIDOU présente à l'examen de l'Académie des cafetières de son invention.

M. Desagneaux adresse un *Mémoire sur le perfectionnement des quinquets, des mèches, etc.*, et une *invention destinée à remplacer les roues à aubes.* Nous ferons connaître le jugement des commissaires.

M. Girard lit un *Mémoire sur les atmosphères liquides, et leur influence sur l'action mutuelle des molécules solides qu'elles enveloppent.*

MM. Gay-Lussac et Welther lisent un *Mémoire sur un nouvel acide formé par le soufre et l'oxigène.* (*Voyez* le précédent Cahier.)

M. Biot termine la lecture de son *Mémoire sur les lois générales de la double réfraction et de la polarisation dans les corps régulièrement cristallisés.*

M. Vallette lit un *Mémoire sur une nouvelle manière de chauffer les bains.*

Séance du lundi 12 avril.

Un Mémoire manuscrit intitulé : *Essai sur l'art de la navigation par la chaleur,* par M. Gillon, est renvoyé à l'examen d'une commission.

M. Coquebert de Montbret lit un extrait de l'ouvrage de M. Moreau de Jonnès *sur la statistique des colonies.*

M. Girard continue la lecture de son Mémoire.

M. Dulong lit les *Recherches* qu'il a faites en commun avec M. Petit, *sur plusieurs points importans de la théorie de la chaleur.* (*Voyez* plus haut.)

On procède au scrutin pour la place de correspondant vacante dans la section de Botanique. M. Dunal réunit la majorité des suffrages.

Les commissaires que l'Académie avait désignés pour examiner le Mémoire de M. Desagneaux sont d'avis que ce Mémoire ne mérite pas l'attention de l'Académie.

Séance du lundi 19 avril.

On lit une lettre de M. Bessel : elle contient un catalogue nouveau des ascensions droites des trente-six étoiles principales.

M. Girard achève la lecture de son Mémoire.

M. Turpin commence la lecture d'un *Mémoire sur la botanique.*

M. Sédillot lit un *Mémoire sur un nouvel agent conservateur des substances animales, pour les défendre de la putréfaction.* Nous ferons connaître le jugement des commissaires.

Séance du lundi 26 avril.

M. La Borne dépose sous cachet la *description d'un nouvel appareil physico-chimique.*

Au nom d'une commission, M. Percy fait un rapport sur un Mémoire du Dr Faure intitulé : *Observations sur l'iris, sur les pupilles artificielles et sur une nouvelle manière d'opérer la cataracte.*

Il y a trois manières d'ouvrir une pupille artificielle : l'incision, l'excision et le décollement. L'auteur a recours tantôt à l'une et tantôt à l'autre, suivant les indications que présente l'état de l'œil.

Lorsqu'on se contente de faire une ouverture dans l'iris, on a quelquefois le chagrin de la voir se fermer. On évite cet inconvénient en emportant une petite portion de l'iris incisée. M. le Dr Faure a construit pour cela un instrument qui, à plusieurs égards, diffère de ceux que ses devanciers avaient imaginés.

La troisième manière de faire une pupille artificielle consiste à décoller une portion de l'iris des replis ciliaires correspondans, et à détruire les petits tendons ou filets choroïdiens qui unissent l'une aux autres.

Ce mode d'opération, dont l'idée est due à M. Scarpa, est très-délicat ; M. Faure propose une modification qui lui a réussi. Il consiste à hacher, en quelque façon, les fibres de l'iris, au lieu de les décoller d'emblée, et d'en extraire peu à peu les petits débris et les fragmens avec un crochet extrêmement délié.

Quant à l'opération de la cataracte, le Dr Faure semble incliner pour le procédé du Dr Buchorn de Magdebourg. Au lieu d'introduire l'aiguille par la sclérotique

pour broyer et abaisser la cataracte, comme on le pratique ordinairement, on la fait pénétrer par la cornée transparente. M. Faure cite les malades sur lesquels il a mis ce procédé en usage avec une entière réussite.

M. Turpin achève la lecture de son Mémoire. Nous attendrons le rapport des commissaires pour rendre compte de ce travail.

SUR *le nouveau Compteur que MM. Bréguet ont imaginé pour faciliter l'évaluation des fractions de seconde de temps dans les observations astronomiques.*

LES deux élémens qui servent à déterminer, dans l'espace, la position des astres sont, comme on sait, la déclinaison et l'ascension droite. La déclinaison s'observe avec des instrumens gradués placés dans le méridien. Quand on donne à ces instrumens des dimensions suffisantes, et surtout lorsqu'on adopte le principe de la répétition des angles, on peut aisément, abstraction faite des incertitudes du pointé et de la réfraction, pousser l'exactitude des mesures jusqu'à *une* seconde de degré. Il ne paraît pas facile, au contraire, d'atteindre cette précision dans la détermination des ascensions droites. Celles-ci se déduisent de l'observation *du temps du passage* des divers astres derrière les fils qui occupent le foyer commun de l'objectif et de l'oculaire de la lunette méridienne. Supposons que la pendule dont on se sert marque précisément 24 heures pendant une révolution

entière de la sphère étoilée; 15° passeront au méridien en une heure, et quinze secondes de degré en *une seconde* de temps. On voit donc que l'erreur d'un seul dixième de seconde sur l'instant de la disparition de l'astre derrière le fil du réticule, en occasionnerait une quinze fois plus grande, ou de 1",5 de degré sur l'ascension droite. Dans des circonstances favorables, un astronome exercé répondra de *deux dixièmes* de seconde sur l'heure du passage d'une étoile; mais, sans craindre d'être démenti, je pourrai affirmer qu'il est très-difficile, sinon impossible, de pousser l'exactitude, dans une observation isolée, jusqu'à *un dixième* de seconde de temps. L'objet que MM. Bréguet se sont proposé dans l'ingénieux instrument dont on trouvera le dessin à la fin du Cahier, est de fournir aux observateurs un moyen certain de partager une seconde de temps en dixièmes. La légende qui accompagne la planche nous dispensera de donner ici d'autres détails. Nous demanderons seulement à nos lecteurs la permission de les entretenir une seconde fois de cet instrument lorsque les commissaires que le Bureau des Longitudes a nommés pour l'examiner auront terminé leurs épreuves. Alors, en entrant dans tous les détails du mécanisme, nous ferons voir comment, quoique l'aiguille des secondes soit conduite par des roues dentées, MM. Bréguet sont parvenus à lui imprimer un mouvement uniforme.

Sur les Aérolithes de la Chine.

Par J.-P. Abel-Rémusat.

Les Chinois ont observé de tout temps ce phénomène extraordinaire, qui n'a commencé que depuis peu d'années à fixer d'une maniere régulière l'attention des Européens, et qui, dans un court espace de temps, a déjà tant exercé le scepticisme des savans, et a fait éclore un si grand nombre d'hypothèses. La chute des pierres météoriques ne pouvait manquer d'étonner des hommes ignorans et superstitieux, accoutumés à chercher dans le ciel les causes et les types des événemens du monde sublunaire, et à considérer les phases des corps célestes, les comètes, les nuages mêmes, comme des présages de la paix ou de la guerre, de la vie ou la mort des souverains, de la félicité des peuples, ou des calamités qui les accablent. Mais quelque puéril que soit le motif qui a guidé les observateurs, leurs observations n'en sont pas moins bonnes à examiner; et les circonstances avec lesquelles ils décrivent la chute des aérolithes m'ont semblé mériter d'être rapprochées de celles qui ont précédé, accompagné ou suivi le même phénomène dans nos climats. Je placerai ici un résumé de ce que les livres des Chinois et des Japonais m'ont présenté de plus intéressant sur cette matière.

Le nom le plus ordinaire par lequel on désigne les pierres atmosphériques est celui de *sing yun tchhing chi*, étoiles tombantes et changées en pierres. On les classe parmi les météores avec les *souï sing*, c'est-à-

dire, avec les étoiles tombantes et les globes de feu : il faut remarquer que le mot de *sing* est plus générique que celui d'*étoile*, et qu'il désigne aussi les planètes et les comètes ; de sorte qu'on serait tenté de croire que la plus récente des hypothèses par lesquelles on a essayé d'expliquer la chute des aérolithes aurait été la première idée qui se serait présentée aux astronomes chinois. Au reste, il y a un auteur qui a rejeté cette opinion comme une erreur grossière. « Depuis l'antiquité jus-
» qu'à nos jours, dit-il, on ne saurait compter le nombre
» de ces étoiles qui sont tombées sur la terre; et ce-
» pendant on ne s'aperçoit pas que le nombre des corps
» lumineux qui sont suspendus dans le ciel ait diminué
» le moins du monde. Dira-t-on qu'à mesure qu'il en
» tombe il s'en reproduit de nouveaux, et que la gé-
» nération des étoiles est comme celle des hommes ? »
Un autre auteur remarque que le nom d'*étoiles tombantes changées en pierres* vient uniquement de ce que ces corps paraissent aux yeux commes des étoiles; mais croire que des pierres sont des étoiles est, suivant lui, une grande erreur.

Suivant le premier des deux écrivains que je viens de citer, les *étoiles tombantes* ont rarement plus d'un *tchhi* et un *thsun* (0^{m},419 environ) de long; mais il est fait mention dans l'histoire d'aérolithes beaucoup plus considérables. Le rocher qui est à la source du fleuve Jaune, sur la rive septentrionale de l'Altan, et que les Mongols nomment *khadasoutsilao* (rocher du pole), passe dans la tradition pour avoir été une étoile tombée. Il a plus de quatre *tchang* (environ 15 mètres) de haut; il est absolument isolé et debout au milieu d'une plaine.

C'est sans doute une masse de fer natif à ajouter à celles de Krasnoyar, d'Otumpa, du Mexique, etc.

Quelquefois les *étoiles tombantes* n'ont été annoncées par aucun signe particulier. Le ciel étant serein, sans nuages, soit de jour, soit de nuit, on est surpris tout-à-coup par un bruit semblable à celui du tonnerre, et qui se fait entendre à plusieurs centaines de *li* (ou dizaines de lieues), et qui accompagne la chute d'un nombre de pierres plus ou moins considérable. Le plus souvent pourtant on a observé des globes de feu qui parcouraient le ciel dans différentes directions, et avec un mouvement plus ou moins rapide. Si le phénomène a lieu pendant la nuit, on observe que la lumière qui en part éclaire le ciel et la terre, et produit une clarté égale à celle du jour. Au moment où le globe éclate, on entend un fracas pareil à celui d'une maison qui s'écroule, ou au mugissement d'un bœuf. Le bruit que font les pierres en tombant est comparé au bruissement des ailes des oies sauvages. Il tombe une seule pierre, ou deux, ou un plus grand nombre; quelquefois elles tombent comme une pluie; elles sont brûlantes au moment de leur chute, et de couleur noirâtre; mais quelquefois elles sont assez légères. A l'endroit où était d'abord le globe, on aperçoit une lueur d'une certaine étendue, qu'on a coutume de comparer à un serpent, et qui subsiste plus ou moins long-temps; le ciel est plus pâle en cet endroit, ou d'autres fois il est de couleur rouge tirant sur le jaune, ou verdâtre, comme des touffes de bambou. Il est tombé des aérolithes au milieu des champs, dans les camps, dans les villes, dans la capitale; on a remarqué que les animaux en étaient effrayés. Une pierre, ou, pour par-

ler comme les Chinois, une étoile étant tombée dans le camp de Kao-tsou (en 546), tous les ânes qui y étaient se mirent à braire. Sous Chi-tsoung des *Tcheou* postérieurs, une pierre tomba avec un grand bruit près de la capitale ; les chevaux et les bœufs s'enfuirent sans qu'on pût les retenir : on crut dans la ville que c'était un bruit de tambours, et les tambours du palais y répondirent. Au reste, quoique les aérolithes soient fréquemment tombées au milieu des lieux habités, on ne cite, non plus qu'en Europe, aucun exemple d'hommes qui en aient été atteints.

J'ai formé, d'après *Ma-touan-lin*, un catalogue des pierres tombées en Chine, en conservant avec soin les particularités qu'on a observées au moment de leur chute.

M. Deguignes fils, dans une espèce de table chronologique que vraisemblablement il n'a pas rédigée lui-même, mais qu'il a insérée dans le premier volume de son *Voyage à Peking*, a fait mention de neuf phénomènes de cette espèce, tous observés avant l'époque de l'ère chrétienne. On a regretté que ce travail n'ait pas été poussé plus loin, et que les auteurs chinois ne soient pas entrés dans de plus grands détails sur les chutes d'aérolithes dont ils font mention (1) : les Chinois nous offrent cependant des récits assez circonstanciés ; mais l'extrait qu'on en avait fait était trop incomplet et trop sommaire. Le catalogue de *Ma-touan-lin* ajoute une soixante de faits semblables à ceux dont nous avions connaissance, et il s'arrête à l'année 1004 : j'ai cherché

---

(1) *Voyez* le *Mémoire sur la chute des pierres*, par M. Bigot de Morogues, p. 40.

ailleurs de quoi suppléer à la suite de cette série chronologique. Je ne citerai en ce moment que quelques exemples pris parmi ceux qui sont les plus récens, ou qui offrent les circonstances les plus remarquables. On jugera par ces échantillons si la totalité du catalogue pourrait mériter d'être publiée.

La sixième année *youan-ho* (811) à la troisième lune, le jour *wou-siu*, entre trois heures et cinq heures après midi, le ciel étant couvert et le temps froid, il y eut un globe de feu, de la grosseur d'un *hou* (sorte de mesure qui vaut dix boisseaux), qui tomba entre *Yan* et *Yun*. Un bruit semblable à celui du tonnerre se fit entendre à plusieurs dizaines de lieues : les faisans s'envolèrent en poussant de grands cris. Au-dessus du lieu où le globe tomba, il resta une vapeur rougeâtre, redressée comme un serpent, et de la longueur d'un tchang (environ $3^{m},8$); elle dura jusqu'au soir, et s'éteignit alors. — La douzième année (en 817), à la neuvième lune, le jour *ki-kaï*, sur les trois heures ou quatre heures après minuit, il parut une *étoile coulante* vers le milieu du ciel; sa tête était comme un seau, et sa queue comme une barque de deux cents *hou* de port; elle avait plus de dix *tchang* (38 mèt.) de longueur, et faisait du bruit comme une troupe d'oies qui s'envolent; elle produisait une lumière semblable à celle des torches qui servent dans les illuminations. Elle passa au-dessous de la lune, en s'avançant toujours vers l'occident : tout d'un coup on entendit un grand bruit, et, au moment où le globe tomba à terre, un fracas trois fois plus fort que celui d'une maison qui s'écroule. Quoiqu'il ne soit pas toujours fait mention d'aérolithes à la suite des explosions des bolides, il est assez vraisem-

blable que les uns et les autres doivent être rapportés à la même cause : les Chinois ont donc été fondés à ranger ces phénomènes dans une même classe.

La deuxième année *thian-yeou* (905), à la troisième lune, au jour *i-tcheou*, vers minuit, il parut une grande étoile dans le milieu du firmament; elle était de la grosseur de cinq boisseaux; elle *coula* du côté du nord-ouest, l'espace d'environ dix *tchang*; puis elle s'arrêta. Il y avait au-dessus une multitude de petites étoiles qui formaient comme une flamme de couleur rouge ou orangée, de la longueur de cinq *tchang* au moins, et prolongée comme un serpent. Toutes ces petites étoiles se mouvaient vers le sud-est; elles tombèrent ensuite sous la forme d'une pluie, et peu après le globe s'éteignit. Il resta ensuite une vapeur d'un bleu blanchâtre tirant sur le vert, qui occupait le milieu du ciel : cette couleur alla en s'obscurcissant, et disparut.

Dans les années wan-li de la dynastie des Ming (en 1516), à la douzième lune, le vingt-cinquième jour, à Chun-khing-fou, de la province du Sse-tchhouan, il n'y avait ni vent ni nuages; le tonnerre gronda subitement, et il tomba six pierres globuleuses, dont l'une pesait huit livres, une autre quinze livres, une troisième dix-sept livres : les plus petites ne pesaient qu'une livre, et la plus petite de toutes dix onces seulement.

Sous le règne de Wen-tsoung, roi de Corée, qui répond à la deuxième année thyan-yeou (905), il tomba à *Hoang-lie* (en Corée) des pierres qui imitèrent le bruit du tonnerre. Les officiers du lieu ayant envoyé ces pierres à la cour, le président des rites dit, dans une supplique adressée au roi, que, du temps des *Thesin*

(il aurait pu dire, dès le temps des *Tcheou*) ; il était tombé des étoiles ; et que, sous les dynasties des *Tsin* et des *Thang*, et dans les temps postérieurs, le même événement avait eu lieu de temps à autre, de sorte que c'était une chose ordinaire, et non pas un prodige qui annonçât ni des malheurs ni des événemens heureux ; de sorte qu'on avait tort de s'en étonner. Tous les auteurs qui ont parlé de ce phénomène ne s'expriment pas d'une manière aussi raisonnable, et nous allons voir quelques-unes des fables auxquelles la chute des pierres atmosphériques a donné lieu.

On appelle *haches de foudre*, *lissoirs*, *marteaux*, *coins*, *vrilles*, *anneaux*, *perles de foudre*, ou, pour mieux dire, du dieu du tonnerre, certaines pierres de couleur noirâtre ou violette qui, à ce qu'on prétend, tombent avec le tonnerre, et dont la forme approche un peu de celle des objets dont on leur donne le nom. Les *marteaux* pèsent quelquefois plusieurs livres. Il y a des *coins* de la longueur d'un *tchhi*, ou d'un pied *chinois*. Tous ces objets ressemblent à de l'acier ou à du fer. On raconte, à ce sujet, des histoires merveilleuses que l'auteur même dont je les extrais traite de contes ridicules. Il en donne ensuite une explication qui ne l'est guère moins ; car elle est fondée sur les principes fantastiques de la physique chinoise. Ce qu'il dit de plus judicieux, est que ces prétendus outils du dieu du tonnerre sont de la même nature que les *étoiles tombantes* ; mais il va trop loin quand il avance que les uns et les autres doivent être considérés comme les traces de phénomènes analogues aux pluies de pierres, d'or, de millet et de riz, de poil, de sang, etc., dont il est question dans

les chroniques. On lit dans l'histoire du Japon, que la sixième année, siowa, du règne de Nin-Mio Ten-O (839), le vingt-neuvième jour de la huitième lune, il y eut, dans un lieu à l'occident de la ville de Thian-tchhouan, où il n'existait aucun fragment de pierre, du tonnerre et de la pluie pendant dix jours. Le temps étant redevenu serein, on vit à terre des pierres semblables à des pointes de flèche et à des hachettes, les unes blanches, les autres rouges. — On trouve un autre exemple d'observations semblables faites dans deux autres villes du Japon, mais que l'on eut occasion de renouveler pendant trois années consécutives; sous le règne de Kouoko-Ten-O, dans les années *nenwa*, c'est-à-dire, en 885, 886 et 887.

L'auteur japonais qui me fournit ces détails prétend que la chute des pierres de foudre est beaucoup plus commune dans les pays du nord, qu'elle est, au contraire, assez rare au Japon; et il cite, en preuve de ce qu'il avance, un orage des plus terribles qui eut lieu au-dessus de la capitale, le vingtième jour de la sixième lune, en 1710. Le tonnerre tomba dans un grand nombre d'endroits, et détruisit plusieurs centaines de maisons; et cependant on ne trouva pas une seule de ces prétendues haches, ni de ces coins du dieu de la foudre. Sa preuve, comme on voit, n'en est pas une, et il n'en reste pas moins très-vraisemblable que les fragmens de substances minérales auxquels l'ignorance a donné ces noms ridicules sont, d'après le récit des auteurs les mieux instruits, des pierres atmosphériques de la même nature que les *étoiles tombantes :* cela étant, le tonnerre, auquel on en attribue la formation sera ce même bruit

qui accompagne presque toujours l'explosion des bolides et la chute des aérolithes. Une autre conclusion plus remarquable à tirer du récit des écrivains chinois et japonais, c'est que, dans le plus grand nombre des cas, le *lieou-sing*, ou le globe igné qui produit les pierres tombantes a été observé avant la chute, et semble en avoir été la cause immédiate. Cette observation est d'accord avec l'opinion qu'en ont à présent les hommes les plus instruits; mais comme elle a été révoquée en doute, le témoignage des Chinois qui la fortifie peut n'être pas entièrement superflu.

(*Tiré du* Journal des Savans.)

Le paragraphe qui suit, extrait de l'ouvrage de Glauber intitulé : *Operis mineralis*, et imprimé à Amsterdam en 1652, vient naturellement prendre sa place dans un article consacré à l'histoire des aérolithes. Nous empruntons ce passage au Cahier d'avril du Dr Thomson.

« *Neque hoc in terra solùm metallica generationis aptissima, sed et in aëre in densis nubibus idem moliuntur : siquidem non infrequenter videmus*, *non modo exilia animalcula bruchos*, *erucas*, *ranas aliaque insecta*, *istic locorum concepta et exclusa*, *confertim cum pluviis descendisse*, *sed et fide dignis testimoniis constat plusquam centenarios lapides*, ferri etiam massas conglomeratarum guttarum specie, egregie malleabilis ex aëre decidisse. *Uti et varii cometæ*, *aliæque igneæ substantiæ in aëre coacti accenduntur*, *materia absumpta*, *emoriuntur*, *instar arsenicalis fumi delapsæ*

terram cum suis fœtibus inficiunt, unde multorum lethalium morborum seges felicissima pullulat. Ipsum etiam fulmen et fulgur nil est aliud quam subtile nitrum accensum, quem admodum et cum fragore cadentes lapides in aëre procreantur. »

Sources *minérales remarquables.*

(*Traduit du Voyage de M. Clarke Abel dans l'intérieur de la Chine.*)

Ces sources sont situées à main droite du chemin qui conduit de Sirang à Batavia ; le pays, plusieurs milles à la ronde, est parfaitement plat. En approchant des sources, je sentis le *gaz sulfureux* qui s'en dégage en très-grande abondance ; elles occupent un espace de 50 *yards carrés*, dans un sol composé de roches dures qui semblent avoir été formées par des dépôts de l'eau des sources. Au milieu de cet espace, je remarquai plusieurs petites mares où l'eau semblait être en ébullition : j'y plongeai ma main peu à peu et avec précaution, et j'en croyais à peine mes sens lorsque je trouvai que cette eau était précisément à la température de l'atmosphère. La mare du centre, la plus large de toutes, avait une surface de huit ou dix pieds. Les bulles aériformes partaient de plusieurs points. Pour découvrir la cause de ce phénomène, j'entrai dans la masse liquide, et je trouvai que sa plus grande profondeur est d'environ trois pieds. Le fond paraissait recouvert de pierres de diverses grosseurs. En examinant attentivement la place où l'eau était le plus agitée, je

découvris dans le fond un canal en forme d'entonnoir, dont l'ouverture inférieure ne surpassait pas un pouce carré : le *gaz hydrogène sulfuré* sortait par là en si grande abondance et avec une telle force, que je ne pouvais maintenir ma main par-dessus qu'avec beaucoup de peine.

L'eau de ces sources est d'une teinte blanc sale ; il est évident qu'elle contient des substances terreuses en suspension. L'odeur est celle des eaux de *Harrowgate*. Le sol sur le bord des mares est mou, sa surface d'un jaune verdâtre ; à quelques pouces de profondeur, il est rouge et dur. A la distance de deux ou trois pieds, la surface du sol elle-même est dure et bleue : il est évident que ce sol, à des époques reculées, a été recouvert par l'eau des sources. En plaçant l'oreille près du sol, dans le voisinage des mares, on entend un bruit semblable à celui de l'eau qui bout (*a bubbling noise.*) Les habitans croient que l'eau de ces sources possède plusieurs propriétés médicinales, et qu'elle est particulièrement très-utile dans les maladies de la peau.

ANNONCES.

Influence des sciences sur l'humanité des peuples, discours prononcé par M. Ch. Dupin, dans la séance générale des quatre Académies de l'Institut royal de France, le 24 avril 1819. in-8°. Prix, 1 franc.

Paris, chez *Firmin Didot*, rue Jacob; chez *Bachelier*, libraire, quai des Augustins, et chez *Crochard*, libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS
	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	764,24	+11,2	92	764,22	+14,7	81	763,40	+15,8	73	762,80	+ 8,1	98	+15,8	+ 8,1	Couvert.	O.
2	763,38	+12,1	71	762,78	+16,1	65	761,26	+16,4	61	760,30	+11,9	80	+16,4	+ 6,9	Très-nuageux.	N. N O.
3	759,30	+14,2	79	758,56	+18,2	50	757,40	+17,2	48	758,21	+12,7	70	+18,2	+ 8,9	Quelques éclaircies.	O.
4	760,72	+13,0	74	760,70	+14,6	62	759,60	+15,0	50	759,48	+ 9,9	40	+15,2	+ 7,2	Beau.	N. E.
5	759,40	+12,2	61	758,72	+15,1	40	757,45	+16,2	40	756,20	+11,1	56	+16,2	+ 4,2	Trouble.	E faible.
6	754,28	+12,0	70	752,82	+15,2	54	750,20	+16,5	48	749,20	+12,6	54	+16,5	+ 6,0	Beau, vapeurs.	E S. F.
7	749,52	+14,2	62	749,40	+18,7	52	748,82	+20,0	42	749,96	+15,8	54	+20,0	+14,2	Légers nuages.	E. S. E
8	752,66	+15,9	68	752,84	+19,2	61	752,58	+20,5	54	753,20	+15,5	70	+20,6	+ 7,0	Légers nuages.	S. E.
9	755,60	+13,2	65	755,58	+17,5	52	754,92	+19,1	48	756,28	+13,7	70	+19,2	+10,5	Beau.	N. N. E.
10	757,13	+11,7	74	756,00	+14,0	61	753,98	+15,7	52	751,34	+ 9,0	64	+15,8	+ 6,5	Beau.	N.N.E. f.
11	745,75	+15,5	71	743,88	+19,8	59	743,17	+21,0	48	742,20	+12,2	92	+21,8	+ 4,5	Nuageux.	S. E.
12	741,35	+17,1	70	740,40	+18,7	55	739,32	+19,5	45	739,90	+14,1	60	+20,5	+11,0	Nuageux.	S. E.
13	740,25	+11,0	88	743,26	+ 9,7	89	744,64	+13,9	58	748,07	+ 7,1	85	+13,9	+ 6,2	Pluie.	S. O.
14	747,66	+11,5	78	746,72	+13,2	73	745,00	+16,2	65	745,15	+ 8,2	95	+16,2	+ 4,5	Couvert.	S. S. E.
15	747,35	+13,2	71	746,60	+14,5	63	743,56	+16,7	43	740,53	+11,2	97	+16,8	+ 5,0	Nuageux.	S.
16	740,82	+14,2	75	741,00	+16,7	62	741,30	+13,2	67	745,25	+ 8,2	85	+16,8	+ 6,2	Couvert.	S. S O
17	748,72	+13,4	75	748,57	+16,2	60	748,75	+12,7	76	752,07	+ 7,7	84	+16,3	+ 6,2	Quelques éclaircies.	S. fort.
18	754,64	+10,7	93	753,86	+15,3	73	752,82	+16,4	71	752,88	+11,6	99	+16,4	+ 6,1	Couvert.	S. O
19	756,02	+12,5	90	755,96	+16,2	64	755,12	+16,2	66	754,87	+13,0	92	+16,5	+11,7	Couvert	S. O.
20	754,72	+18,0	65	751,92	+19,0	61	754,00	+18,0	70	753,86	+13,1	96	+19,0	+12,2	Couvert.	O. S. O.
21	753,00	+18,0	70	752,82	+16,1	63	752,34	+17,0	60	753,50	+10,7	76	+18,1	+10,7	Couv. par intervalles.	S. O.
22	754,10	+12,2	64	754,40	+13,6	57	754,00	+14,0	55	753,94	+ 9,2	67	+14,0	+ 6,7	Quelques éclaircies.	O. N. O
23	749,14	+11,0	70	748,77	+10,5	96	747,57	+14,2	90	747,47	+10,3	97	+14,8	+ 6,7	Pluie.	E. S. E.
24	748,68	+14,7	66	749,30	+14,5	60	749,16	+16,2	56	749,38	+ 9,6	88	+16,2	+ 8,7	Couvert.	O. S. O
25	749,44	+16,0	68	750,61	+15,2	58	751,07	+13,0	76	753,70	+10,1	87	+16,0	+ 8,2	Quelques gout. d'eau.	O.
26	757,30	+ 8,9	68	757,47	+11,2	55	757,38	+12,1	40	758,32	+ 7,9	57	+12,1	+ 5,2	Nuageux.	N. E. fort
27	759,50	+ 8,9	59	759,20	+10,2	40	759,09	+11,2	36	760,84	+ 7,7	55	+11,2	+ 2,5	Légers nuages.	N. E. fort.
28	762,46	+10,4	45	761,50	+11,4	40	760,53	+12,4	39	759,75	+ 8,7	49	+12,8	+ 3,7	Nuageux.	E.
29	757,44	+10,5	53	756,31	+11,5	40	755,86	+12,5	39	754,88	+ 7,5	60	+12,5	+ 2,5	Nuageux.	E. S. E.
30	755,35	+10,1	60	754,63	+12,0	47	754,15	+12,9	39	754,50	+ 8,1	56	+12,9	+ 1,0	Nuageux.	E. S. E.
1	757,62	+13,0	72	757,15	+16,3	57	755,96	+17,2	52	755,70	+12,0	63	+17,4	+ 7,9	Moyennes du 1 au 10	
2	747,73	+13,7	78	747,52	+15,9	66	745,77	+16,4	61	747,48	+10,6	88	+17,4	+ 7,4	Moyennes du 11 au 20.	
3	754,64	+12,1	62	754,50	+12,6	56	754,11	+13,5	53	754,63	+ 9,0	69	+14,1	+ 5,6	Moyennes du 21 au 30.	
	753,33	+12,9	70	753,06	+14,9	59	752,28	+15,7	55	752,60	+10,5	74	+16,3	+ 7,0	Moyennes du mois	+ 11,6.

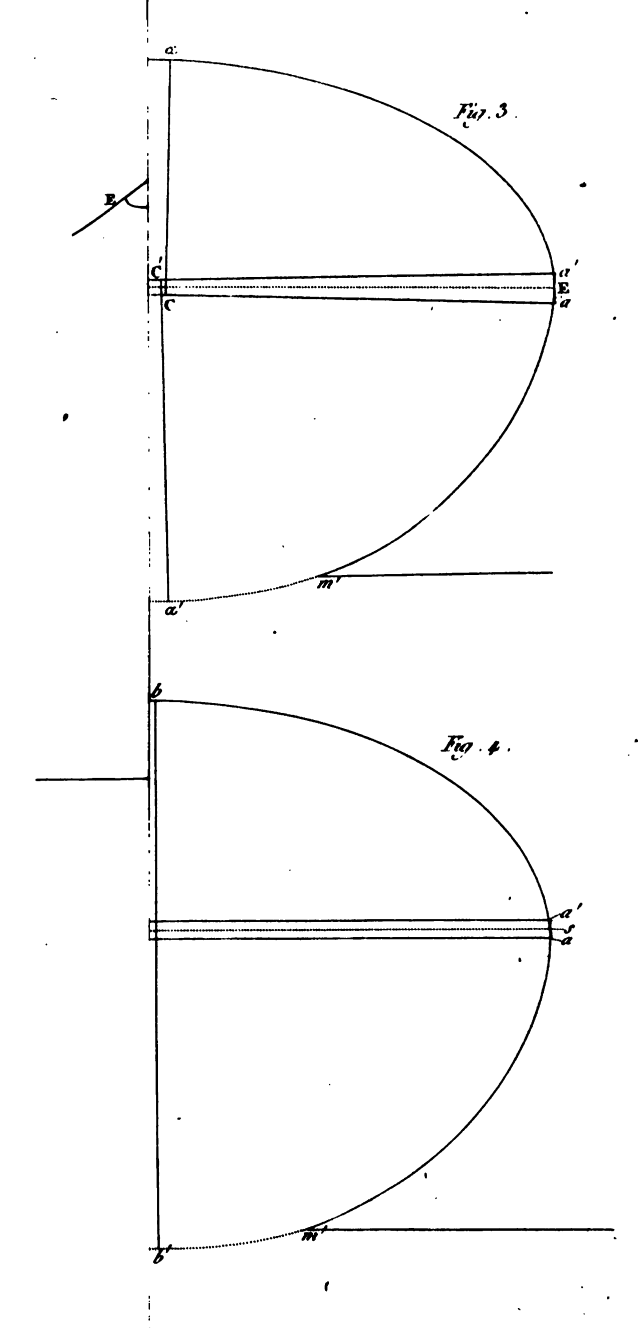
TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU DIXIÈME VOLUME.

ERRATA.

Tome X, page 343, ligne 21, *ôtez* à partir.
——— pag 358, goudronné, *lisez* godronné.


Fig. 3
a
E
C'
C
a'
E
a
m'
a'
Fig. 4
b
a'
s
a
m'
b'

